



ANÁLISE TRIDIMENSIONAL DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIO

ANTÔNIO OSCAR CAVALCANTI DA FONTE

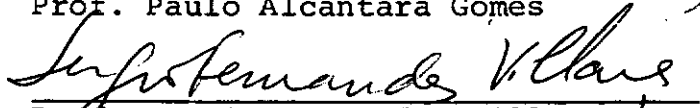
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVER  
SIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS RE  
QUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM CIÊNCIA (M.Sc.)

Aprovada por:

  
Prof. Humberto Lima Soriano  
Presidente

  
Prof. Fernando Luiz Lobo B. Carneiro

  
Prof. Paulo Alcântara Gomes

  
Prof. Sergio Fernandes Villaça

RIO DE JANEIRO  
ESTADO DA GUANABARA-BRASIL  
SETEMBRO DE 1972

À meus pais.

À minha esposa.

À meus irmãos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Fernando Luiz L. B. Carneiro, pelos ensinamentos ministrados;

Ao Professor Humberto L. Soriano, pela orientação e incentivo;

Ao Professor Alberto Luiz Coimbra, como Diretor da COPPE.

## SUMÁRIO

Este trabalho desenvolve um método para análise tridimensional de estruturas de edifício, dotadas ou não de pilares, parede e caixas resistentes, submetidas a carregamentos horizontais e verticais.

São incluídos os efeitos de todos os deslocamentos de nós e admitida a hipótese do diafragma para as lajes.

É apresentado um programa automático, dimensionado para calcular, os esforços e deslocamentos, em estruturas máximas de 50 andares e 25 nós em planta, desenvolvido no computador IBM 360/40.

Este programa caracteriza-se pelo tratamento em faixa e montagem em blocos da matriz de rigidez global da estrutura.

São apresentados exemplos de estruturas calculadas por este método.

## ABSTRACT

The scope of this thesis is to develop a method for the analysis of buildings skeletons. The analysis takes into account the combined effect of columns, beams, shear walls and box shaped shear walls, under the action of vertical and horizontal loads.

All the joint displacements are considered. The slabs are assumed as two-dimensional rigid membranes.

A Computer program is presented allowing computations of displacements and internal forces for buildings up to 50 stores with up to 25 joints for each floor. The program was designed for a IBM 360/40 computer.

This program takes advantage of the properties of the band matrix that characterizes the stiffness matrix. The technique used to assemble and store the stiffness matrix is a modified version of the partition method.

Some examples are presented using this method.

ÍNDICE

	pg.
I. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
II. <u>IDEALIZAÇÃO E NUMERAÇÃO DA ESTRUTURA</u>	6
2.1 - Sistema de referência global	6
2.2 - Idealização estrutural	7
2.3 - Disposição em planta	10
2.4 - Rigidez dos elementos	11
2.5 - Carregamento	11
2.6 - Recalque de apoio	13
2.7 - Apoio elástico	13
2.8 - Numeração da estrutura	14
III. <u>PROPRIEDADES E RIGIDEZES DOS ELEMENTOS</u>	18
3.1 - Elemento Viga	18
3.2 - Elemento Pilar	33
IV. <u>TRANSFORMAÇÕES PARA O SISTEMA GLOBAL</u>	38
4.1 - Matriz de Rotação	38
4.2 - Matriz de rigidez no sistema global	40
4.3 - Transformações geométricas	43
V. <u>ANÁLISE GLOBAL DA ESTRUTURA</u>	53
5.1 - Generalidades	53
5.2 - Método de análise	53
5.3 - Características da técnica adotada para solução do sistema de equações	54
5.4 - Formação da matriz de rigidez	57

	índice
	pg.
5.5 - Esforços nas extremidades dos elementos	57
5.6 - Recalque vertical de apoio	58
5.7 - Apoios elásticos	59
VI. <u>DIAGRAMAS DE BLOCOS</u>	61
6.1 - Convenções	61
6.2 - Estruturação do programa automático	62
6.3 - Programa principal - Edifício	64
6.4 - Subrotina MARIG	66
6.5 - Subrotina Viga	73
6.6 - Subrotina Pilar	75
6.7 - Subrotina VETCA	76
6.8 - Subrotina CAEME	83
VII. <u>LISTAGENS DOS PROGRAMAS</u>	87
<u>APÊNDICE</u>	
A - Notações utilizadas no desenvolvimento teórico	122
B - Manual de utilização do Programa	124
C - Observações sobre a utilização do programa edifício	133
D - Exemplos de análise de estruturas	134
E - Conclusões	190
BIBLIOGRAFIA	192


## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

A tendência moderna, de construir edifícios cada vez mais altos e esbeltos, exige um estudo minucioso de sua segurança.

As solicitações devidas à ação do vento que nos edifícios correntes já eram importantes, adquirem particular relevo nos grandes edifícios.

Hipóteses e métodos de cálculo que há algum tempo se apresentavam apenas com finalidade teórica, pelo fato de conduzirem a sistemas de equações com elevado número de incógnitas, atualmente adquiriram caráter prático. Tal fato deve-se ao aparecimento dos computadores digitais, que permitem o tratamento de problemas envolvendo grande quantidade de operações numéricas, com segurança e rapidez.

A análise elástica tridimensional de estruturas de edifício, sob a ação de forças horizontais supostas estáticas, pode ser feita através de processos contínuos e discretos<sup>10</sup>. 



No presente trabalho trataremos apenas dos processos discretos, os quais conduzem a sistemas de equações lineares com elevado número de incógnitas, exigindo sua automatização.

Com a finalidade de diminuir o número de incógnitas, costuma-se nos processos discretos admitir a laje como diafragma. Considerar tal hipótese para a laje, é admiti-la infinitamente rígida em seu plano e com rigidez transversal nula.

Dentre os processos discretos que assimilam as lajes à diafragmas citam-se os seguintes:

1. Os que consideram apenas os deslocamentos de andar.

Estes processos consideram como incógnitas em cada andar, duas translações horizontais e uma rotação em torno de um eixo vertical. Sendo  $NA$  o número de andares, obtem-se um sistema de  $3.NA$  equações lineares. Os resultados obtidos são aceitáveis quando existem pilares nas interseções dos painéis e quando a altura do edifício é moderada<sup>10</sup>.

## 2. Os que consideram o deslocamento vertical dos nós.

Dentre estes processos cita-se o apresentado por Stamatou e Smith<sup>8</sup>, posteriormente generalizado e automatizado na referência 5. Neste consideram-se como incógnitas em cada andar, os tres deslocamentos citados no processo anterior, e mais os deslocamentos verticais dos pilares ao nível dos andares. Sendo NA o número de andares e P o número de pilares em planta, obtém-se um sistema de  $NA \cdot (3+P)$  equações lineares.

## 3. Os que consideram tres deslocamentos por nó.

Cita-se o apresentado por Weaver e Nelson<sup>1</sup>, para estruturas reticulares, cujo andar tipo é formado por uma malha retangular de vigas, que se interceptam nos eixos verticais dos pilares. Esta solução inclui os efeitos de todos os deslocamentos nodais. Devido a sua generalidade, este processo permite que se considere não apenas carregamento lateral, como também vertical. Em cada andar são considerados, como incógnitas, tres deslocamentos independentes por nó e os tres deslocamentos de corpo rígido da laje. Sendo NN o número de nós em planta, obtém-se um sistema de  $NA(3NN+3)$  equações lineares.

O presente trabalho desenvolve este último processo e apresenta um programa automático com características que serão descritas nos capítulos subsequentes.

O método de análise adotado é o dos deslocamentos em forma matricial. Singulariza-se pelo tratamento em faixa e montagem em blocos da matriz de rigidez<sup>2</sup>.

O programa está dimensionado para analisar estruturas máximas de cinquenta andares, desde que o número de nós e elementos não ultrapasse em cada andar 125 e 90, respectivamente, tendo sido desenvolvido num computador IBM/360 modelo H de 256K de memória interna.

No capítulo dois é feita a idealização e numeração da estrutura.

As propriedades e rigidezes dos elementos são apresentadas no capítulo tres.

No capítulo quatro são desenvolvidas transformações para o sistema global.

Os fundamentos do método de análise são encontrados no capítulo cinco.

O capítulo seis consta dos diagramas de blocos do programa principal e das principais subrotinas.

Segue-se no capítulo sete a listagem do programa em linguagem FORTRAN G.

Apresenta-se também um programa para listar dados, cuja finalidade é possibilitar que os mesmos sejam devidamente conferidos antes de serem fornecidos ao programa que analisa a estrutura. Isto impede que processamentos inúteis sejam realizados, trazendo conseqüentemente vantagens econômicas.

Finalmente, segue-se no apêndice o manual de utilização do programa, exemplos de aplicação, além das conclusões gerais.

## CAPÍTULO II

### IDEALIZAÇÃO E NUMERAÇÃO DA ESTRUTURA

#### 2.1 - Sistema de referência global

Considere-se como sistema de referência global o tri-ortogonal direto XYZ, com origem O localizada num ponto arbitrário da base da estrutura, e eixo vertical Z orientado de baixo para cima.

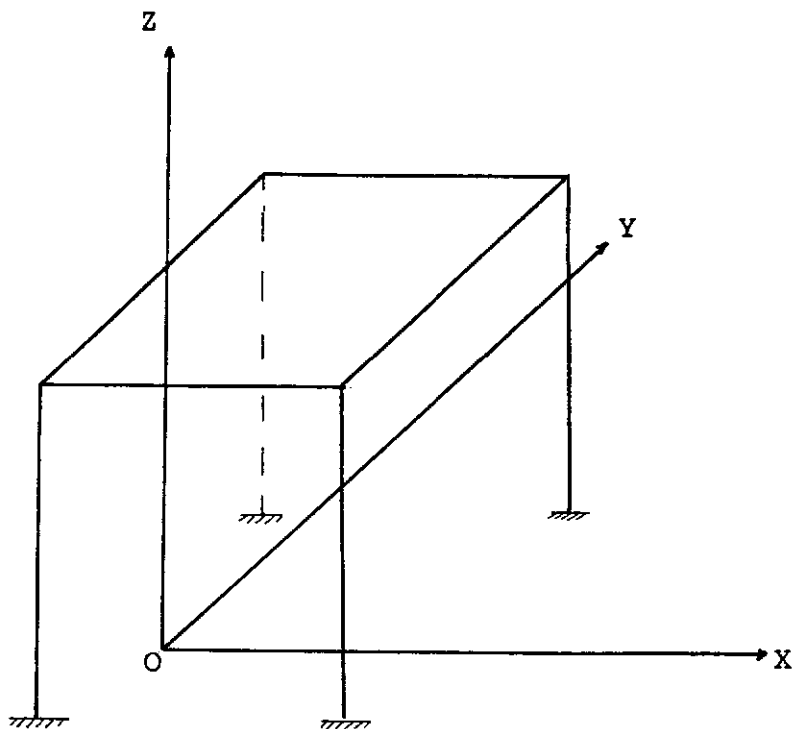


Fig. 2.1 - Sistema de referência global.

## 2.2 - Idealização estrutural

A estrutura é tratada diretamente como tridimensional, com as hipóteses consideradas a seguir:

### 2.2.1 - Lajes

Considera-se que as lajes tenham rigidez infinita em seu plano, e nula transversalmente. A esta idealização denomina-se diafragma.

Sua continuidade é admitida em todos os andares.

### 2.2.2 - Elementos

Os elementos da estrutura são idealizados como unidimensionais e definidos pela linha que passa pelo centro de gravidade de suas seções transversais.

### 2.2.3 - Pilar parede

Com a finalidade de analisar, estruturas dotadas de pilar parede, admite-se que o mesmo se deforme obedecendo a hipótese das seções planas<sup>3</sup>.

Para uma viga a ele conectada, tudo se passa como se a mesma fosse dotada de um trecho infinitamente rígido, ligando

sua extremidade ao eixo do pilar parede<sup>3</sup>. A figura 2.2 esclarece tal hipótese.

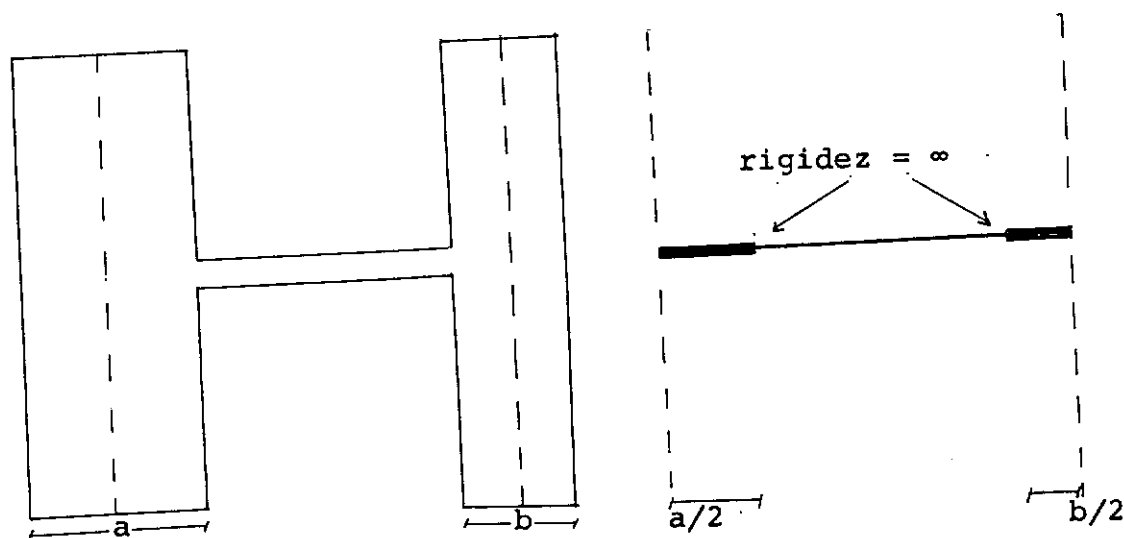


Fig. 2.2 - Pilar parede e sua idealização estrutural.

#### 2.2.4 - Caixas formando núcleos resistentes

Devido a necessidade de elementos de comunicação vertical, torna-se muito comum a presença de caixas de elevador e de escada nas estruturas de edifício. É pois necessário que se formulem hipóteses, para discretizar estas estruturas, que ao menos de modo aproximado traduzam seu comportamento real.

Pela consideração das hipóteses dos itens 2.2.2 e 2.2.3 admite-se a presença de trechos infinitamente rígidos, conec

Para facilidade de programação adotam-se trechos rígidos, dispostos formando ângulos reto. (vide fig. 2.3)

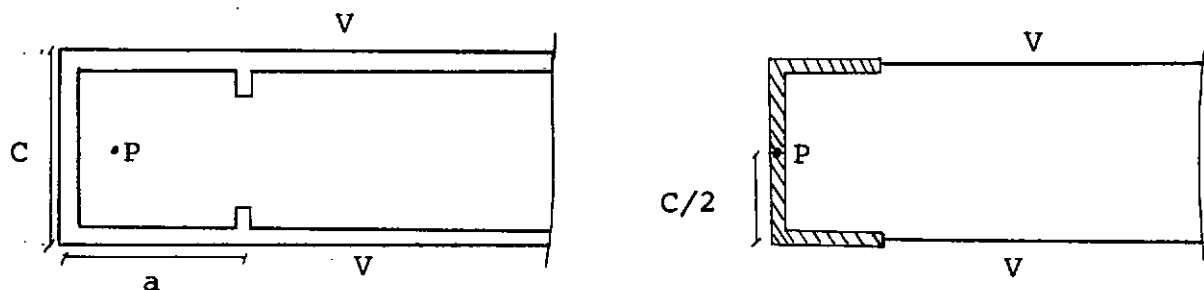


Fig. 2.3 - Vista em planta. Caixa resistente e sua idealização estrutural.

#### 2.2.5 - Excentricidade de vigas

Considerando ainda as hipóteses feitas em 2.2.2 e 2.2.3, pode-se analisar estruturas em que se verifique a presença de vigas, cuja interseção com pilares não ocorra no eixo destes.

Para isto, adotam-se trechos rígidos conectando a viga ao eixo do pilar. (vide fig. 2.4)



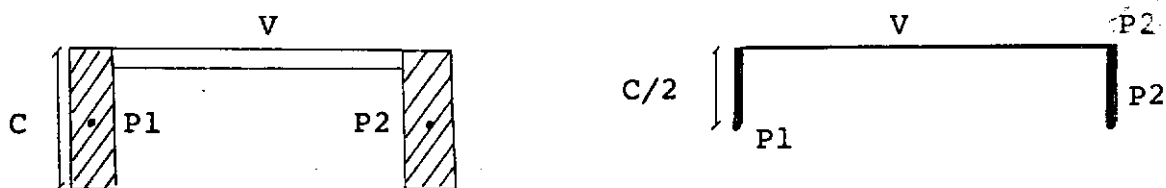


Fig. 2.4 - Idealização de viga excêntrica (vista em planta)

### 2.3 - Disposição em planta

Considera-se a existência de um andar tipo, com qualquer distribuição de vigas e pilares. No caso de haver necessidade, da omissão de determinados elementos num andar, pode-se contornar esta restrição, atribuindo aos mesmos rigidezes nulas.

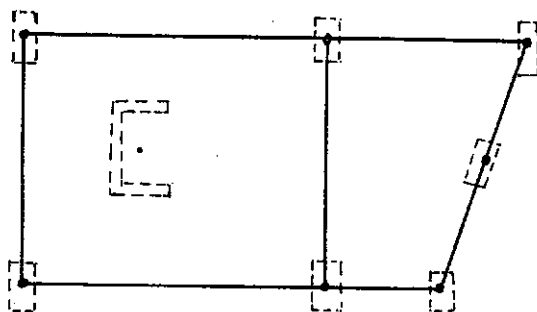


Fig. 2.5 - Andar tipo

## 2.4 - Rigidez dos elementos

Nas vigas considera-se a rigidez à torção, e à flexão no plano vertical que a contém.

Nos pilares consideram-se todas as rigidezes, bem como o efeito do esforço cortante nas deformações.

## 2.5 - Carregamento

### 2.5.1 - Cargas nodais

Momentos nas direções X e Y e forças na direção Z, podem ser consideradas como cargas aplicadas aos nós.

### 2.5.2 - Cargas laterais

O carregamento lateral é admitido atuando ao nível de cada laje.

Este compõe-se de duas forças horizontais nas direções X e Y e um momento na direção Z.

Seja a figura 2.6 representativa de um andar genérico e XYZ o sistema de referência adotado.

Suponha-se que a análise do efeito estático da ação

do vento forneça as forças  $F'_x$  e  $F'_y$  atuando neste andar, aplicadas em B e C.

O carregamento lateral a ser fornecido ao programa compõe-se de:

- uma força horizontal  $F_x = F'_x$
- uma força horizontal  $F_y = F'_y$
- um momento em relação ao eixo Z dado por

$$M_z = F'_y \cdot x' - F'_x \cdot y'$$

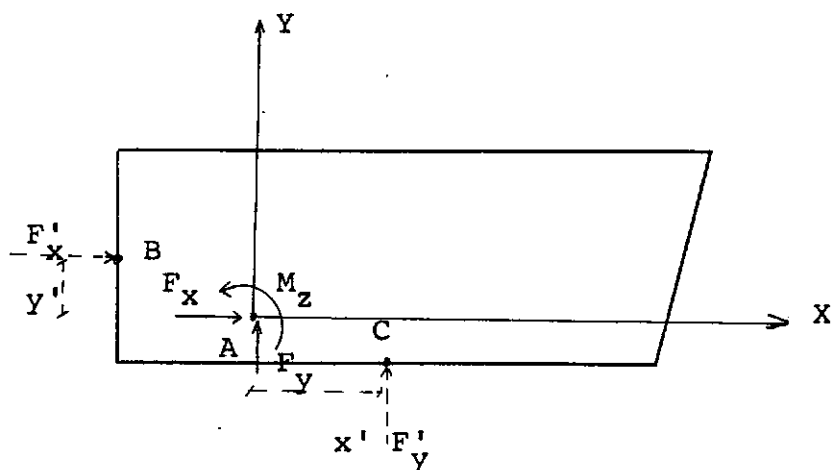


Fig. 2.6 -

### 2.5.3 - Cargas nas vigas

Pode ser considerado, atuando nas vigas, qualquer carregamento que provoque deformações no plano vertical que a contém, como também momentos torçores.

#### 2.5.4 - Cargas nos pilares

No programa supõe-se que nenhum carregamento é aplicado diretamente aos pilares. Vale ressaltar que o método de análise não impõe tal procedimento, tendo o mesmo sido adotado por questões de ordem prática.

O peso próprio dos pilares pode entretanto ser considerado automaticamente, como carga concentrada aplicada ao nó superior.

#### 2.6 - Recalque vertical de apoio

Analisa-se o efeito de recalque vertical de apoio, pela técnica de transformá-los em ações nas extremidades dos elementos.

#### 2.7 - Apoio elástico

Pode-se analisar estruturas, dotadas de apoios elásticos nas direções do movimento de corpo rígido dos andares.

## 2.8 - Numeração da estrutura

### 2.8.1 - Andares

Os andares são numerados em ordem sequencial, de cima para baixo.

### 2.8.2 - Pontos nodais

Os nós devem ser numerados de cima para baixo. No andar superior podem ter ordem arbitrária de numeração, entretanto nos demais, devem obedecer rigorosamente a sequência estabelecida no primeiro.

Desta forma, nenhum nó no andar I, deve ter número inferior ao do andar I-1. Observa-se também que numa mesma vertical a diferença de números entre os nós de dois andares consecutivos é uma constante, igual ao número de pontos nodais de cada andar.

A figura 2.7 mostra a numeração dos andares e dos nós.

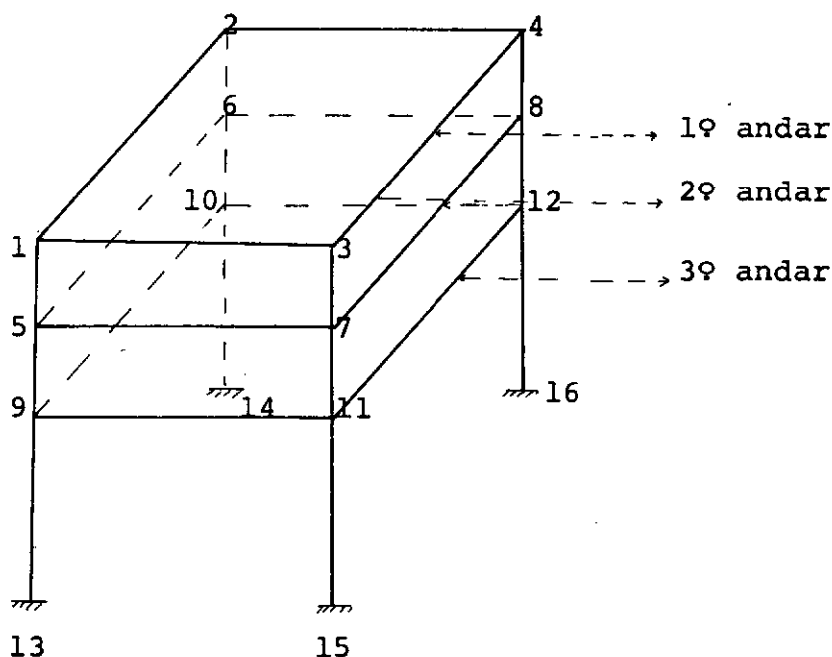


Fig. 2.7 -

### 2.8.3 - Elementos

A numeração dos elementos deve ser a mesma em todos os andares.

Numeram-se em primeiro lugar as vigas e em seguida os pilares (vide fig. 2.8).

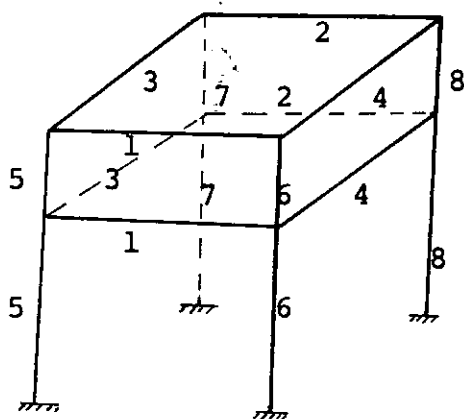


Fig. 2.8 - Numeração dos elementos.

### 2.8.4 - Deslocamentos

Em cada andar consideram-se tres deslocamentos independentes por nó e tres deslocamentos de corpo rígido da laje. Os demais não precisam ser levados em conta, por estarem diretamente relacionados com os de corpo rígido, devido a hipótese do

diafragma.

Os deslocamentos de nó, ditos independentes, são as rotações nas direções X e Y e a translação na direção Z.

Os de corpo rígido, são as translações nas direções X e Y e a rotação na direção Z, sendo representados em cada andar, pelos deslocamentos do ponto A, interseção do eixo Z com o plano da laje.

Seja uma estrutura com NA andares e NN nós por andar.

Considere-se o andar I e neste, o nó J.

O número total de graus de liberdade da estrutura é dado por:

$$NGL = NA.(3.NN+3)$$

Os deslocamentos do nó J, ditos independentes são:

$$J1 = 3.(J+I-1)-2$$

$$J2 = 3.(J+I-1)-1$$

$$J3 = 3.(J+I-1)$$

Os tres deslocamentos de corpo rígido do andar I são:

$$D1 = 3.I.(NN+1)-2$$

$$D2 = 3.I.(NN+1)-1$$

$$D3 = 3.I.(NN+1)$$

Os deslocamentos D1, D2 e D3 são respectivamente as

translações do ponto A nas direções X e Y e a rotação na direção Z.

As figuras 2.8 e 2.9 mostram a numeração dos nós e a correspondente dos deslocamentos.

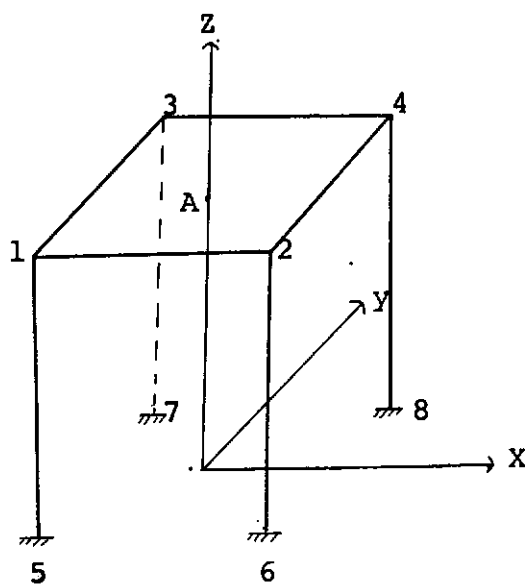


Fig. 2.8

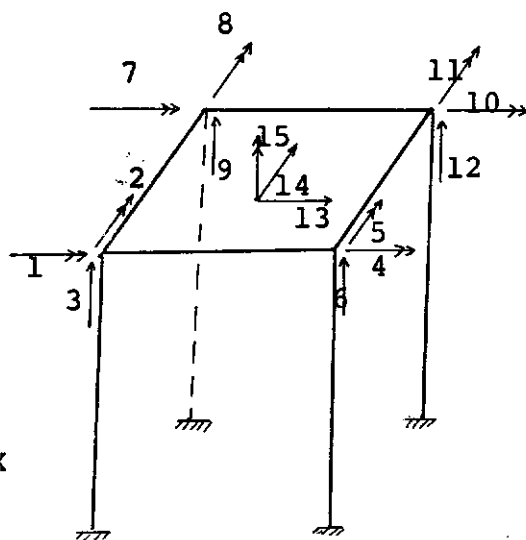


Fig. 2.9



### CAPÍTULO III

#### PROPRIEDADES E RIGIDEZES DOS ELEMENTOS

##### 3.1 - Elemento Viga

###### 3.1.1 - Sistema de referência local

Para cada viga adota-se um sistema de referência local, com origem na extremidade J, sendo  $J < K$ .

O eixo  $X_m$ , coincide com o eixo da viga, orientado de J para K. O eixo  $Y_m$  é horizontal e principal de inércia da seção transversal. Consequentemente o eixo  $Z_m$  será sempre paralelo ao eixo Z do sistema global.

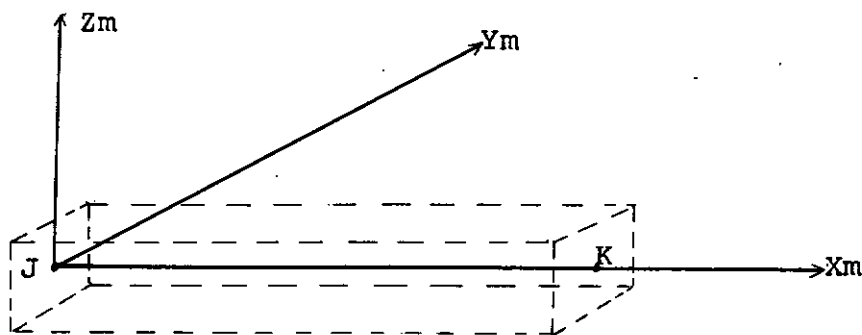


Fig. 3.1 - Sistema de referência local

### 3.1.2 - Graus de liberdade

Devido a hipótese do diafragma, os deslocamentos nodais a serem considerados nas vigas, são as rotações nas direções  $X_m$  e  $Y_m$  e a translação na direção  $Z_m$ .

Estes deslocamentos estão numerados na figura 3.2

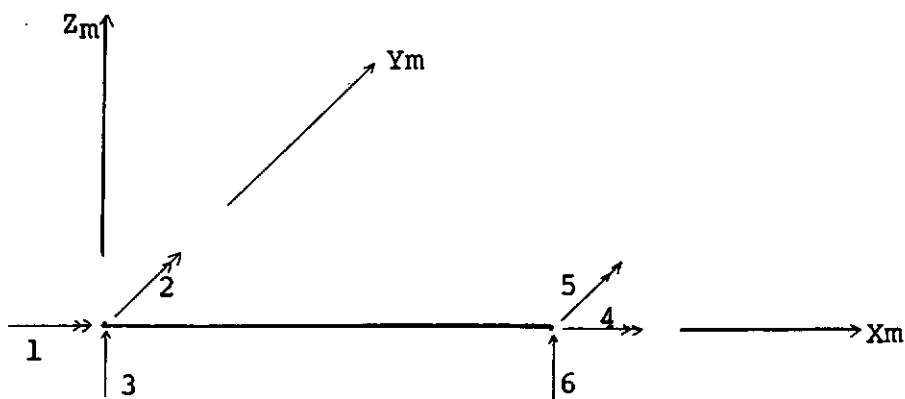


Fig. 3.2 -

### 3.1.3 - Matriz de rigidez

A cada deslocamento unitário, nas direções mostradas na figura 3.2, permanecendo os demais nulos, corresponderão ações de restrição nas extremidades do elemento.

Estas ações são ditas coeficientes de rigidez do elemento.

Dispondo-se ordenadamente estes coeficientes, obtém-se

a matriz de rigidez  $[RV]$  do elemento.

A referência 1 fornece esta matriz de rigidez.

$$[RV] = \begin{bmatrix} \frac{GI_x}{l} & 0 & 0 & -\frac{GI_x}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{4EI_y}{l} & -\frac{6EI_y}{l^2} & 0 & \frac{2EI_y}{l} & \frac{6EI_y}{l^2} \\ 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & \frac{12EI_y}{l^3} \\ -\frac{GI_x}{l} & 0 & 0 & \frac{GI_x}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2EI_y}{l} & -\frac{6EI_y}{l^2} & 0 & \frac{4EI_y}{l} & -\frac{6EI_y}{l^2} \\ 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & \frac{12EI_y}{l^3} \end{bmatrix} \quad \text{simétrica}$$

onde:

$I_x$  - momento de inércia a torção

$I_y$  - momento de inércia em relação ao eixo  $Y_m$

$E$  - módulo de elasticidade longitudinal

$G$  - módulo de elasticidade transversal

$l$  - comprimento do elemento

### 3.1.4 - Matriz de rigidez de viga com trechos rígidos

A dedução da matriz de rigidez  $[RVR]$ , de viga com trechos rígidos colineares, será feita através de dois processos.

O primeiro é o processo direto, adotado na referência 5 e o segundo é o processo indireto que utiliza matrizes de transformação<sup>3</sup>.

#### 3.1.4.1 - Processo direto

Seja uma viga com trechos rígidos de comprimentos  $a$  e  $b$  respectivamente a esquerda e a direita.

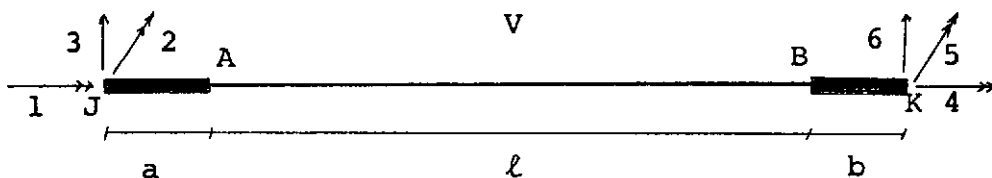


Fig. 3.3 -



Fig. 3.4 -

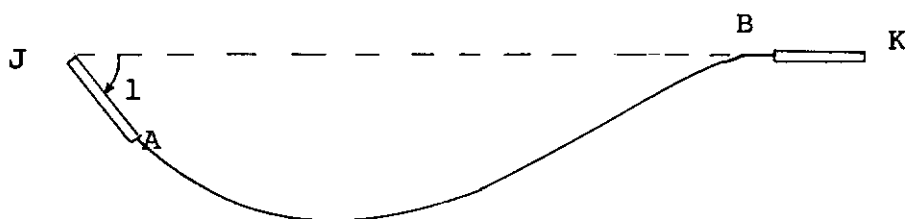


Fig. 3.5 -

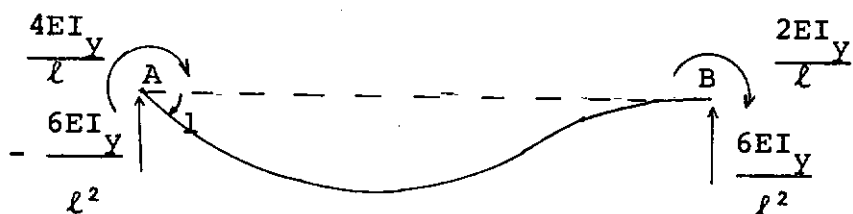
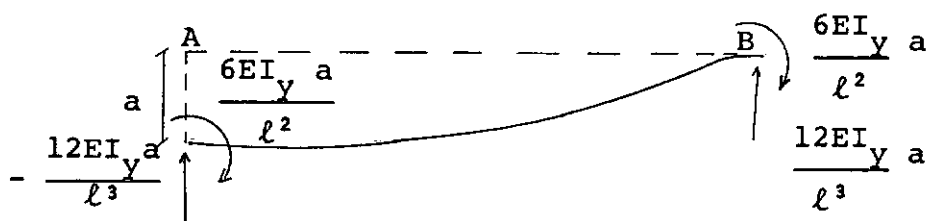


Fig. 3.6 - Rotação unitária em A

Fig. 3.7 - Deslocamento vertical a em A.

Seja uma rotação unitária na direção 1 em J.

Para o trecho AB tudo se passa como se esta rotação fosse aplicada na direção 1 em A, estando as demais direções em A e B perfeitamente fixadas.

As ações mostradas na figura 3.4 são obtidas dos coeficientes da matriz  $[RV]$ .

Logo, tem-se:

$$RVR(1,1) = \frac{GI_x}{\ell}$$

$$RVR(4,1) = - \frac{GI_x}{\ell}$$

Por analogia:

$$RVR(4,4) = \frac{G.I_x}{\ell}$$

Para uma rotação unitária na direção 2 em J, a deformada do trecho AB será a composição das configurações 3.6 e 3.7.

Obtem-se o coeficiente  $RVR(2,2)$ , calculando o momento em J, devido às ações atuantes em A.

$$RVR(2,2) = \frac{4EI}{\ell} Y + \frac{6EI}{\ell^2} Y a + \frac{12EI}{\ell^3} Y a^2 + \frac{6EI}{\ell^2} Y a$$

$$RVR(2,2) = \frac{4EI}{\ell} Y + \frac{12EI}{\ell^2} Y a \left( 1 + \frac{a}{\ell} \right)$$

Por analogia, obtem-se:

$$RVR(5,5) = \frac{4EI}{\ell} Y + \frac{12EI}{\ell^2} Y b \left( 1 + \frac{b}{\ell} \right)$$

Pela condição de equilíbrio na direção  $Z_m$  tem-se:

$$RVR(3,2) = -\frac{6EI}{\ell^2} Y - \frac{12EI}{\ell^3} Y a = -\frac{6EI}{\ell^2} Y \left( 1 + \frac{2a}{\ell} \right)$$

$$RVR(6,2) = \frac{6EI}{\ell^2} Y + \frac{12EI}{\ell^3} Y a = \frac{6EI}{\ell^2} Y \left( 1 + \frac{2a}{\ell} \right)$$

Por analogia:

$$RVR(6,5) = \frac{6EI}{\ell^2} Y \left( 1 + \frac{2b}{\ell} \right)$$

$$RVR(3,5) = -\frac{6EI}{\ell^2} Y \left( 1 + \frac{2b}{\ell} \right)$$

Calculando-se o momento em K, devido às ações atuantes em B, obtem-se o coeficiente  $RVR(5,2)$

$$RVR(5,2) = \frac{2EI}{\ell} Y + \frac{6EI}{\ell^2} Y b + \frac{6EI}{\ell^2} Y a + \frac{12EI}{\ell^3} Y ab$$

$$RVR(5,2) = \frac{2EI}{\ell} Y + \frac{6EI}{\ell^2} Y \left( a + b + \frac{2ab}{\ell} \right)$$

Para um deslocamento unitário na direção 3 em J, a deformada do trecho AB é devida apenas, a um deslocamento unitário em A.

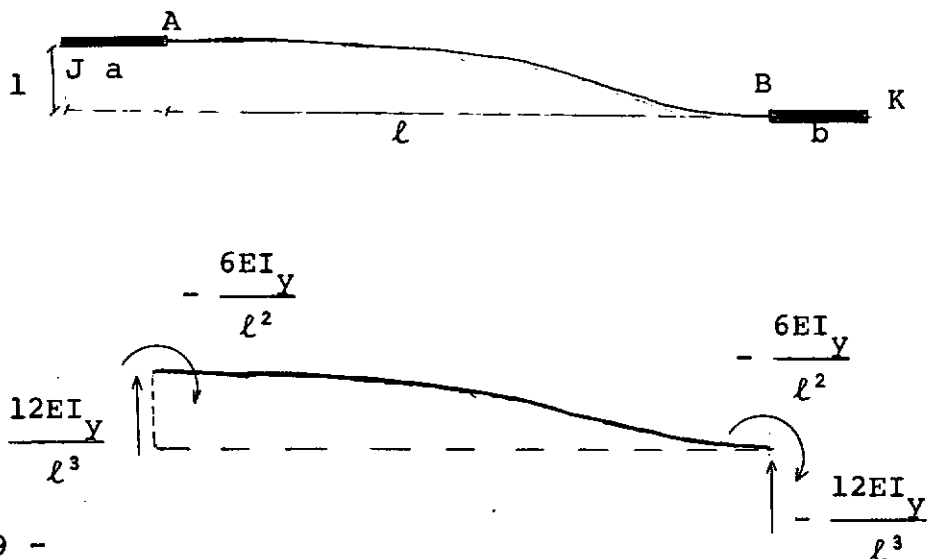


Fig. 3.9 -

Pela condição de equilíbrio na direção  $Z_m$  tem-se:

$$RVR(3,3) = \frac{12EI_Y}{l^3}$$

$$RVR(6,3) = -\frac{12EI_Y}{l^3}$$

Por analogia escreve-se:

$$RVR(6,6) = \frac{12EI_Y}{l^3}$$

Aplicando o teorema da reciprocidade de Betti-Maxwell, obtém-se os coeficientes simétricos. Tem-se pois formada a ma-



triz de rigidez de viga com trechos rígidos colineares.

### 3.1.4.2 - Processo indireto

Considere-se a mesma viga com trechos rígidos de comprimentos  $a$  e  $b$  (vide figura 3.10).

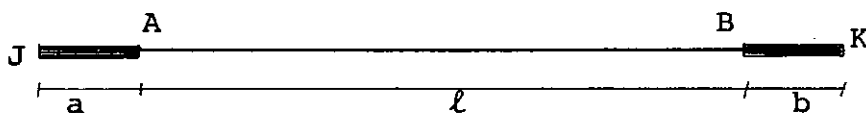


Fig. 3.10 -

Os deslocamentos do ponto A, podem ser expressos em função dos deslocamentos do ponto J, pela relação:

$$\{D_A\} = [T_J] \{D_J\} \quad , \text{ sendo a matriz } [T_J] \text{ dada por:}$$

$$[T_J] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -a & 1 \end{bmatrix}$$

De modo análogo tem-se:

$$\{D_B\} = [T_K] \{D_K\} \quad , \text{ sendo } T_K \text{ dada por:}$$

$$[T_K] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & b & 1 \end{bmatrix}$$

Pode-se escrever a relação:

$$\begin{Bmatrix} DA \\ DB \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} T_J & 0 \\ 0 & T_K \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} D_J \\ D_K \end{Bmatrix}$$

Ou seja:

$$\{DAB\} = [T_{JK}] \{D_{JK}\} \quad (3.1)$$

sendo a matriz de transformação  $[T_{JK}]$  em forma expandida, dada por:

$$[T_{JK}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -a & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Pelo princípio da Contra Gradiência, as ações atuantes em J e K podem ser relacionadas com as ações atuantes em A e B pela expressão:

$$\{F_{JK}\} = [T_{JK}]^T \{F_{AB}\} \quad (3.3)$$

A relação ação-deslocamento para o trecho AB pode ser escrita:

$$\{F_{AB}\} = [RV] \{D_{AB}\} \quad (3.4)$$

Substituindo-se em 3.4 o valor de  $\{D_{AB}\}$  tirado da expressão 3.1, obtem-se:

$$\{F_{AB}\} = [RV] [T_{JK}] \{D_{JK}\} \quad (3.5)$$

Combinando-se as relações 3.3 e 3.5 tem-se:

$$\{F_{JK}\} = [T_{JK}]^T [RV] [T_{JK}] \{D_{JK}\} \quad (3.6)$$

A expressão 3.6 relaciona forças atuantes em J e K com os deslocamentos de J e K. Logo, a matriz de rigidez  $[RVR]$  da viga com trechos rígidos, será a relação:

$$[RVR] = [T_{JK}]^T [RV] [T_{JK}] \quad (3.7)$$

Efetuando-se o produto indicado em 3.7, chega-se à matriz  $[RVR]$  cujos coeficientes já foram obtidos pelo processo direto.

$$\begin{aligned}
 & \text{SIMÉTRICA} \\
 [RVR] = & \begin{bmatrix}
 \frac{GI_x}{l} & 0 & 0 & 0 & -\frac{GI_x}{l} & 0 & 0 \\
 0 & \left[ \frac{4EI_y}{l} + \frac{12EI_y a}{l^2} \left(1 + \frac{a}{l}\right) \right] & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \left[ -\frac{6EI_y}{l^2} \left(1 + \frac{2a}{l}\right) \right] & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -\frac{GI_x}{l} & 0 & 0 & 0 & \frac{GI_x}{l} & 0 & 0 \\
 0 & \left[ \frac{2EI_y}{l} + \frac{6EI_y}{l^2} \left(a + b + \frac{2ab}{l}\right) \right] & \left[ -\frac{6EI_y}{l^2} \left(1 + \frac{2b}{l}\right) \right] & 0 & \left[ \frac{4EI_y}{l} + \frac{12EI_y b}{l^2} \left(1 + \frac{b}{l}\right) \right] & 0 & 0 \\
 0 & \left[ \frac{6EI_y}{l^2} \left(1 + \frac{2a}{l}\right) \right] & -\frac{12EI_y}{l^3} & 0 & \left[ \frac{6EI_y}{l^2} \left(1 + \frac{2b}{l}\right) \right] & \frac{12EI_y}{l^3} & 0
 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

### 3.1.5 - Esforços de engastamento perfeito em vigas com trechos rígidos

Seja a viga, com trechos rígidos de comprimentos  $a$  e  $b$ , bi-engastada e submetida a um carregamento vertical qualquer. (fig. 3.10).

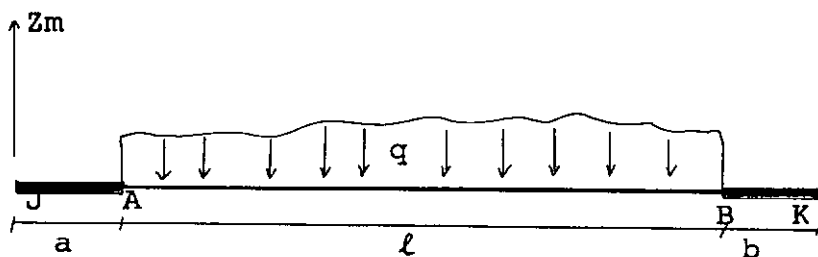


Fig. 3.11

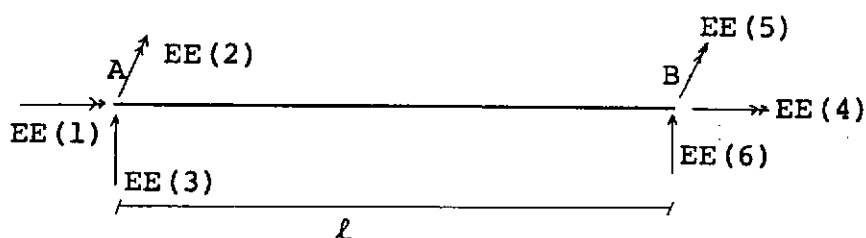


Fig. 3.12

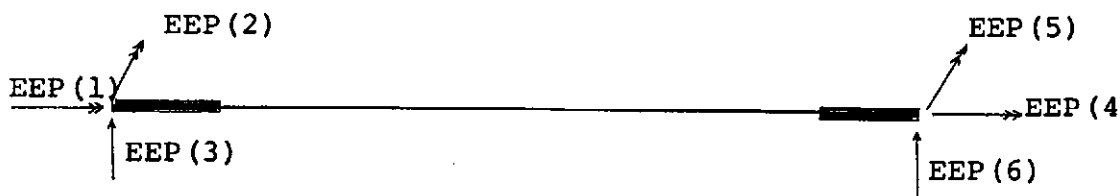


Fig. 3.13

Os esforços denominados EE, podem ser determinados considerando-se o trecho de viga de comprimento  $\ell$  engastado em A e B.

Se os esforços de engastamento perfeito EEP, da viga com trechos rígidos, podem ser determinados pela relação 3.9, análoga a 3.3.

$$\{EEP\} = [T_{JK}]^T \{EE\} \quad (3.9)$$

### 3.1.6 - Viga com trechos rígidos formando ângulo reto

Seja uma viga dotada de trechos rígidos formando ângulo reto. (figura 3.14)

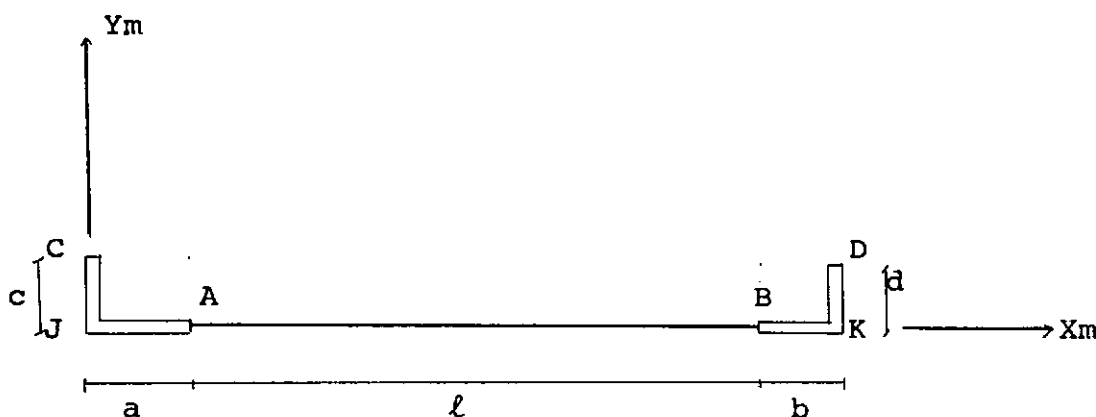


Fig. 3.14 - Vista em planta

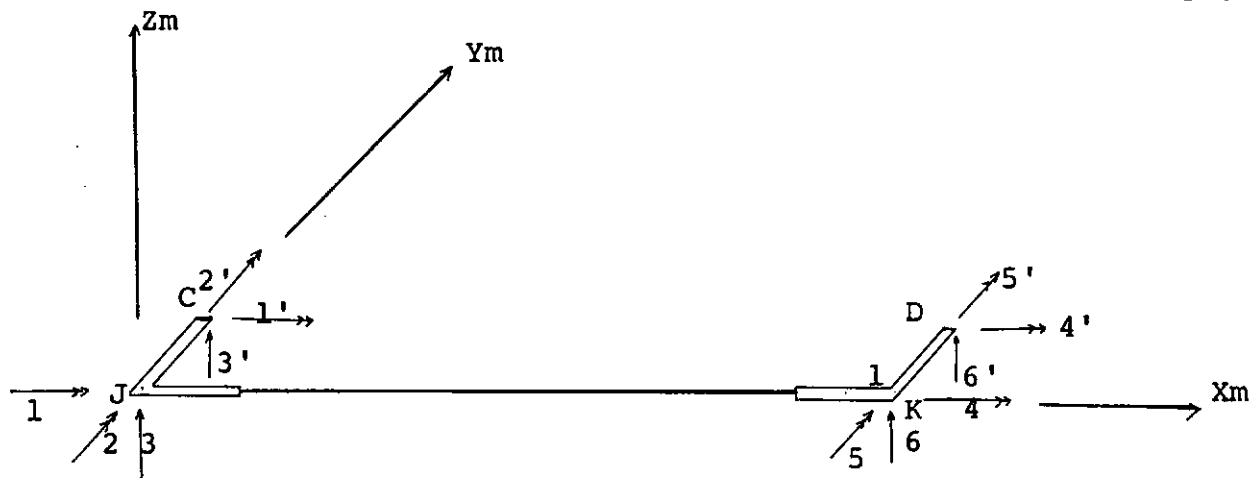


Fig. 3.15 - Deslocamentos dos pontos J, K, C e D.

Os deslocamentos dos pontos J e K podem ser expressos em função dos deslocamentos dos pontos C e D pela relação:

$$\{D_{JK}\} = [T_{I_{JK}}] \{D_{CD}\} \quad (3.10)$$

sendo a matriz de transformação dada por:

$$[T_{I_{JK}}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -c & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -d & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Os esforços atuantes em C e D, podem ser expressos em função dos esforços em J e K, pela relação:

$$\{F_{CD}\} = [T_{I_{JK}}]^T \{F_{JK}\} \quad (3.12)$$

Adotando-se o processo exposto em 3.1.4.2, chega-se a expressão da matriz de rigidez, para a viga com trechos rígidos formando ângulo reto, dada por:

$$[R_{VI}] = [T_{I_{JK}}]^T [R_{VR}] [T_{I_{JK}}] \quad (3.13)$$

onde  $[R_{VR}]$  é a matriz de rigidez da viga com trechos rígidos colineares, obtida no item 3.1.4.

Como foi dito em 2.2.5 e 2.2.6, a adoção de trechos rígidos inclinados, permitirá a análise aproximada de estruturas dotadas de caixas resistentes, e vigas excêntricas.

Deve-se observar que os comprimentos  $c$  e  $d$  serão positivos quando estes trechos estiverem do lado positivo do eixo  $Y_m$  e negativos em caso contrário.

## 3.2 - Elemento Pilar

### 3.2.1 - Sistema de referência local

Considere-se, para cada pilar, um sistema de referência local  $X_m Y_m Z_m$ , com origem na extremidade  $K$ , sendo  $K > J$ .



O eixo  $Z_m$  coincide com o eixo do pilar e está orientado de K para J.

Os eixos  $X_m$  e  $Y_m$  são os eixos principais de inércia da seção transversal.

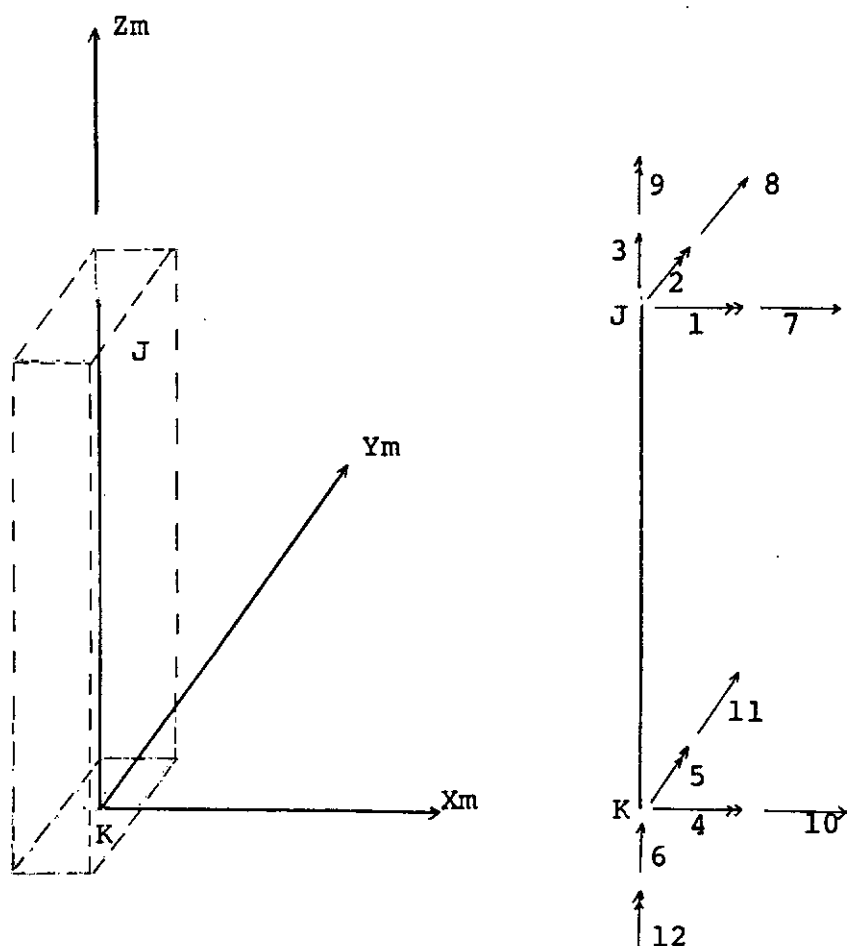


Fig. 3.16 - Elemento Pilar - sistema de referência local e deslocamentos das extremidades J e K.

### 3.2.2 - Graus de liberdade

Para o elemento pilar são considerados os seis deslocamentos por nó, numerados na figura 3.16.

Os deslocamentos 1, 2, 3 para a extremidade J e os 4, 5, 6 para a extremidade K, do pilar, correspondem aos deslocamentos independentes de nó. Estes são do mesmo tipo que os vistos para as vigas.

Os deslocamentos 7, 8, 9 do nó J e 10, 11, 12 do nó K, correspondem aos deslocamentos diretamente relacionados com o movimento de corpo rígido, das lajes acima e abaixo respectivamente, do referido elemento.

### 3.2.3 - Matriz de rigidez

Os coeficientes da matriz de rigidez do elemento pilar, incluindo o efeito do esforço cortante nas deformações, são dados pela referência 6.

Denomine-se por:

$I_x$  - momento de inércia da seção transversal, em relação ao eixo  $X_m$

$I_y$  - idem para o eixo  $Y_m$

$I_z$  - momento de inércia a torção

$A_z$  - área da seção transversal

$A_x$  - área para efeito do cortante na direção  $X_m$

$A_y$  - idem na direção  $Y_m$

$E$  - módulo de elasticidade longitudinal

$G$  - módulo de elasticidade transversal

$\ell$  - comprimento do elemento

Sejam as relações:

$$\phi_x = \frac{12EI_y}{GA_x \ell^2} \quad e \quad \phi_y = \frac{12EI_x}{GA_y \ell^2}$$

A matriz de rigidez do elemento é dada por:

[RC] =

$$\frac{(4+\phi_y)EI_x}{(1+\phi_y) \cdot \ell}$$

0

$$\frac{(4+\phi_x)EI_y}{\ell(1+\phi_x)}$$

0

0

$$\frac{EA_z}{\ell}$$

SIMÉTRICA

$$\frac{(2-\phi_y)EI_x}{\ell(1+\phi_y)}$$

0

0

$$\frac{(4+\phi_y)EI_x}{\ell(1+\phi_y)}$$

0

$$\frac{(2-\phi_x)EI_y}{\ell(1+\phi_x)}$$

0

0

$$\frac{(4+\phi_x)EI_y}{\ell(1+\phi_x)}$$

0

0

$$-\frac{EA_z}{\ell}$$

0

0

$$\frac{EA_z}{\ell}$$

0

$$-\frac{6EI_y}{\ell^2(1+\phi_x)}$$

0

0

$$\frac{6EI_y}{\ell^2(1+\phi_x)}$$

0

$$\frac{12EI_y}{\ell^3(1+\phi_x)}$$

(3.14)

$$\frac{6EI_x}{(1+\phi_y)\ell^2}$$

0

0

$$\frac{6EI_x}{\ell^2(1+\phi_y)}$$

0

0

0

$$\frac{12EI_x}{\ell^3(1+\phi_y)}$$

0

0

0

0

0

0

0

0

$$\frac{GI_z}{\ell}$$

0

$$\frac{6EI_y}{\ell^2(1+\phi_x)}$$

0

0

$$\frac{6EI_y}{\ell^2(1+\phi_x)}$$

0

$$-\frac{12EI_y}{\ell^3(1+\phi_x)}$$

0

0

$$\frac{12EI_y}{\ell^3(1+\phi_x)}$$

$$-\frac{6EI_x}{\ell^2(1+\phi_y)}$$

0

0

$$-\frac{6EI_x}{\ell^2(1+\phi_y)}$$

0

0

0

$$-\frac{12EI_y}{\ell^3(1+\phi_x)}$$

0

0

$$\frac{12EI_x}{\ell^3(1+\phi_y)}$$

0

0

0

0

0

0

0

0

$$\frac{GI_z}{\ell}$$

0

0

$$\frac{GI_z}{\ell}$$

## CAPÍTULO IV

### TRANSFORMAÇÕES PARA O SISTEMA GLOBAL

#### 4.1 - Matriz de rotação

Como foi mencionado no Capítulo II, os deslocamentos da estrutura são referidos ao sistema de coordenadas global.

Todavia para os elementos, os esforços e deslocamentos são relacionados ao sistema de coordenadas local.

Torna-se pois necessária a obtenção de relações entre os deslocamentos nos sistemas local e global, bem como para as ações.

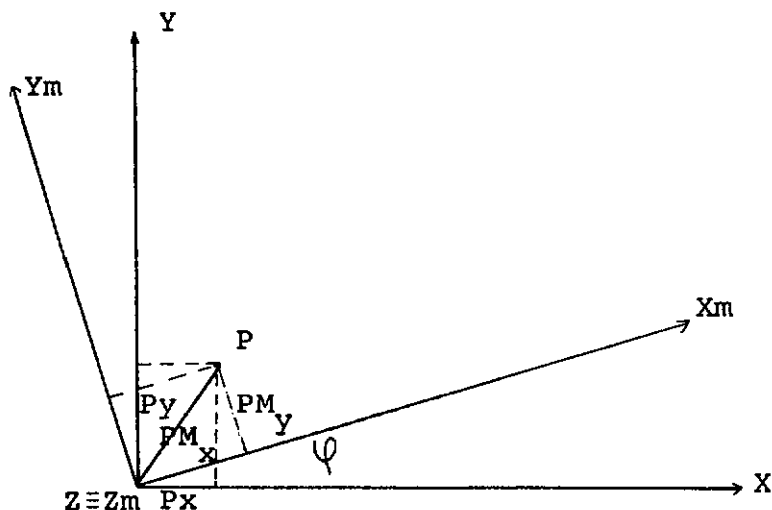


Fig.4.1 - Sistemas global e local.

Seja XYZ e  $X_m Y_m Z_m$  os sistemas global e local respectivamente, com os eixos Z e  $Z_m$  coincidentes.

O ângulo  $\varphi$ , é formado pelos eixos X e  $X_m$ , tomado como positivo de X para Y.

As componentes  $PM_x$ ,  $PM_y$  e  $PM_z$  de uma ação P, no sistema local, podem ser relacionadas com as componentes  $P_x$ ,  $P_y$  e  $P_z$  no sistema global, pela expressão:

$$\{PM\} = [RT] \{P\} \quad (4.1)$$

ou na forma expandida:

$$\begin{Bmatrix} PM_x \\ PM_y \\ PM_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{Bmatrix} \quad (4.2)$$

A matriz RT é dita matriz de rotação.

Obtem-se a relação entre  $\{P\}$  e  $\{PM\}$  pela expressão:

$$\begin{Bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} PM_x \\ PM_y \\ PM_z \end{Bmatrix} \quad (4.3)$$

ou seja:

$$\{P\} = [RT]^T \{PM\} \quad (4.4)$$

Através das expressões 4.1 e 4.4 chega-se a:

$$[RT]^{-1} = [RT]^T \quad (4.5)$$

logo a matriz  $[RT]$  é ortogonal.

Para os deslocamentos, nos dois sistemas, obtêm-se relações análogas:

$$\{DM\} = [RT]\{D\} \quad (4.6)$$

$$\{D\} = [RT]^T \{DM\} \quad (4.7)$$

## 4.2 - Matriz de rigidez no sistema global

### 4.2.1 - Elemento Viga

A matriz de rigidez  $[RVG]$  da viga, em relação ao sistema global, pode ser obtida a partir da matriz de rigidez  $[RVI]$  no sistema local, pela relação:

$$[RVG] = [R]^T [RVI] [R] \quad (4.8)$$

A matriz  $[R]$  é dada por:

$$[R] = \begin{bmatrix} [RT] & 0 \\ 0 & [RT] \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

ou seja:

$$[R] = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

Neste caso,  $\varphi$  é o ângulo formado pelos eixos  $X_s$  e  $X_m$ , sendo o primeiro paralelo ao eixo  $X$  e tendo a origem coincidente com a do sistema local.

Este ângulo será calculado automaticamente no programa através das coordenadas dos pontos nodais do elemento.

#### 4.2.2 - Elemento Pilar

Do mesmo modo que para as vigas, a matriz de rigidez  $[RCG]$ , do elemento pilar, no sistema global, pode ser obtida pela relação:

$$[RCG] = [R]^T [RC] [R] \quad (4.11)$$

A matriz de rotação  $[R]$  é dada por:



$$R = \begin{bmatrix} RT & 0 & 0 & 0 \\ 0 & RT & 0 & 0 \\ 0 & 0 & RT & 0 \\ 0 & 0 & 0 & RT \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Neste caso, o ângulo  $\psi$  deverá ser fornecido ao programa como dado de entrada.

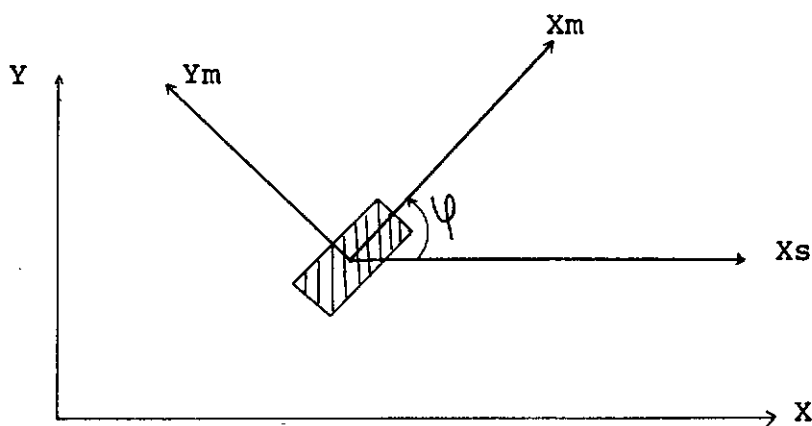


Fig. 4.2 - Elemento pilar - sistema local

A matriz  $[RCG]$  pode ser representada particionada em submatrizes de  $3 \times 3$ .

$$[RCG] = \begin{bmatrix} [RCG1,1] & [RCG1,2] & [RCG1,3] & [RCG1,4] \\ [RCG2,1] & [RCG2,2] & [RCG2,3] & [RCG2,4] \\ [RCG3,1] & [RCG3,2] & [RCG3,3] & [RCG3,4] \\ [RCG4,1] & [RCG4,2] & [RCG4,3] & [RCG4,4] \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

Nesta matriz os subscritos 1, 2, 3 e 4 indicam deslocamentos do tipo 1, 2 e 3; 4, 5 e 6; 7, 8 e 9; 10, 11 e 12 respectivamente. (vide fig. 3.16).

#### 4.3 - Transformações geométricas

Para efeito de análise da estrutura global, são necessárias determinadas transformações geométricas.

Estas, têm por finalidade transformar os deslocamentos e ações nodais, bem como as rigidezes de pilar, associadas com o movimento de corpo rígido da laje, para um mesmo sistema de coordenadas em cada andar.

##### 4.3.1 - Deslocamentos de nó relacionados com os de corpo rígido

A figura 4.3 representa um andar tipo, onde A é o ponto de interseção do eixo Z com o plano da laje, e J um nó genérico.

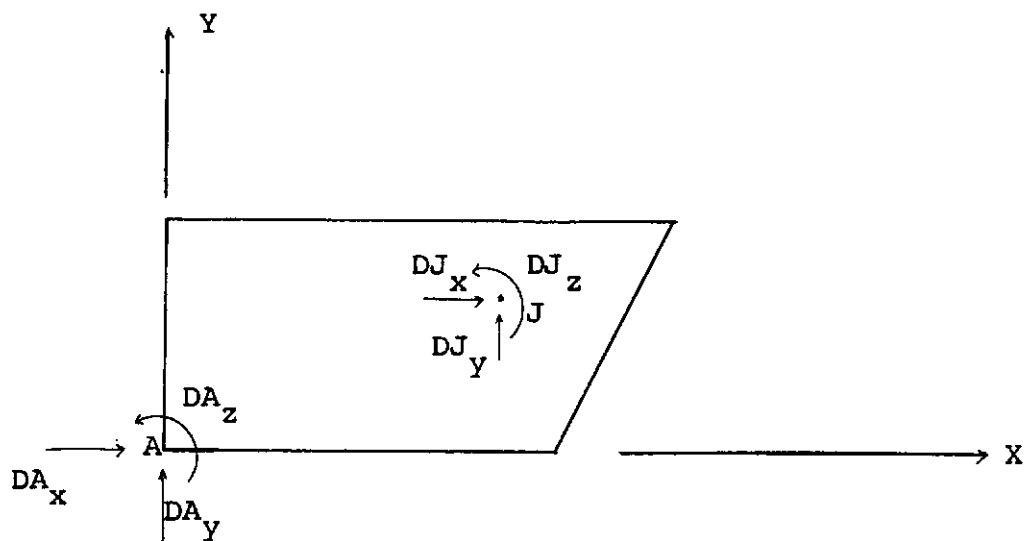


Fig. 4.3 -

O movimento de corpo rígido do andar é definido pelas componentes de translação  $DA_x$ ,  $DA_y$  e rotação  $DA_z$  do ponto A. (vide fig. 4.3).

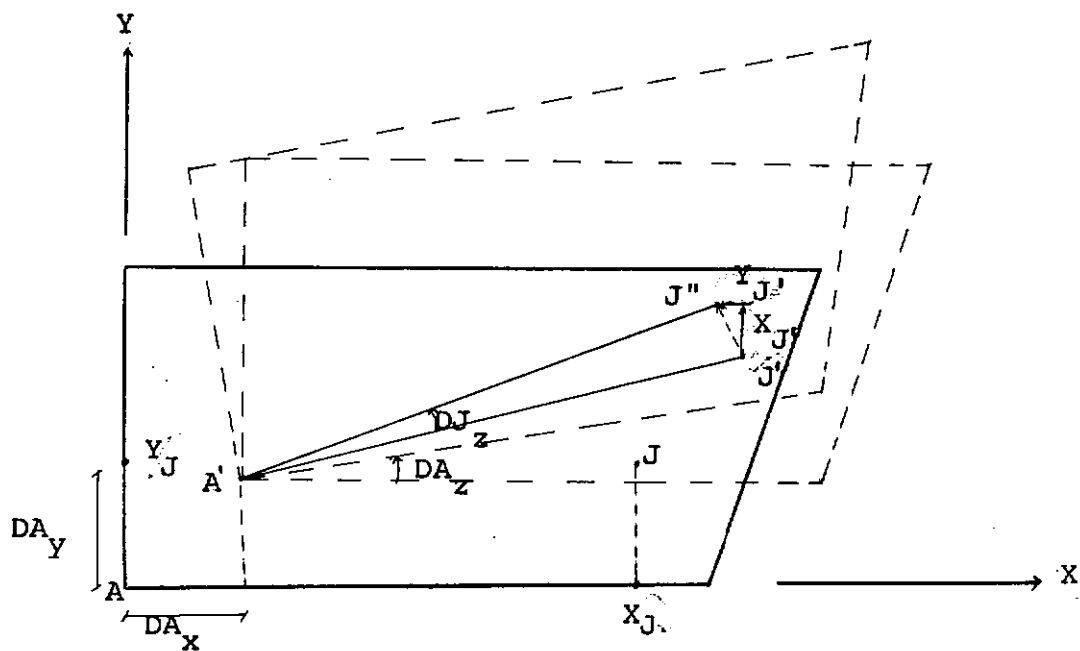


Fig. 4.4 -

Admita-se um movimento de translação da laje, fazendo o ponto A e o nó J passarem a ocupar as posições A' e J', seguido de uma rotação em torno do eixo vertical que passa por A'.

Considerando a hipótese do diafragma tem-se:

$$\overrightarrow{DJz} = \overrightarrow{DAz}$$

$$\overrightarrow{AA'} = \overrightarrow{JJ'}$$

$$\overrightarrow{JJ''} = \overrightarrow{JJ'} + \overrightarrow{J'J''} = \overrightarrow{AA'} + \overrightarrow{X_J i} + \overrightarrow{Y_J j}$$

Para pequenos deslocamentos, sendo  $X_J$  e  $Y_J$  as coordenadas do nó J tem-se:

$$DJx \vec{i} + DJy \vec{j} = (DAX - DAz.Y_J) \vec{i} + (DAY + DAz.X_J) \vec{j}$$

Logo:

$$DJx = DAX - Y_J \cdot DAz$$

$$DJy = DAY + X_J DAz$$

$$DJz = DAz$$

Em forma matricial obtém-se:

$$\begin{Bmatrix} DJx \\ DJy \\ DJz \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -Y_J \\ 0 & 1 & X_J \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DAX \\ DAY \\ DAz \end{Bmatrix} \quad (4.14)$$

ou

$$\{DJ\} = [TA_J] \{DA\} \quad (4.15)$$

A matriz de transformação  $[TA_J]$ , representa um operador geométrico, que transforma para o andar, deslocamentos do ponto A em deslocamentos do nó J.

#### 4.3.2 - Ações de nó relativas ao movimento de corpo rígido

Neste item, é efetuada a transformação para determinar as ações no ponto A em termos das ações no ponto J.

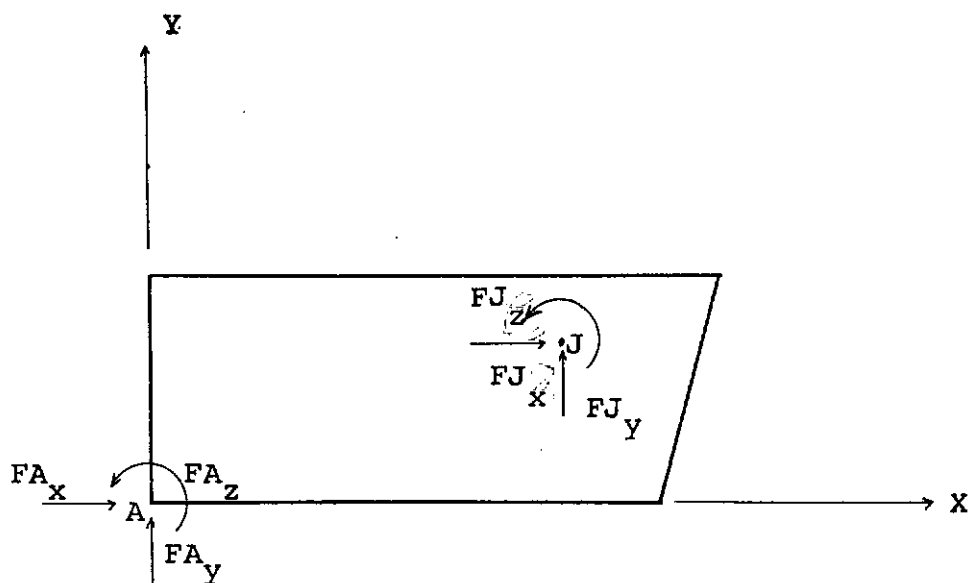


Fig. 4.5 -

A figura 4.5 mostra as ações  $FJx$ ,  $FJy$  e  $FJz$  aplicadas ao nó J.

Seja determinar o sistema de ações, estáticamente equivalente, aplicado ao ponto A.

Pelas leis da estática escreve-se:

$$F_{Ax} = F_{Jx}$$

$$F_{Ay} = F_{Jy} \quad (4.16)$$

$$F_{Az} = -Y_J \cdot F_{Jx} + X_J \cdot F_{Jy} + F_{Jz}$$

Sob forma matricial:

$$\begin{Bmatrix} F_{Ax} \\ F_{Ay} \\ F_{Az} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ -Y_J & X_J & 1 & & \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_{Jx} \\ F_{Jy} \\ F_{Jz} \end{Bmatrix} \quad (4.17)$$

$$\{FA\} = [TJ_A] \{FJ\} \quad (4.18)$$

Comparando-se as expressões de  $[TJ_A]$  e  $[TA_J]$  conclui-se que:

$$[TJ_A] = [TA_J]^T \quad (4.19)$$

Logo, a equação 4.18 pode ser escrita sob a forma:

$$\{FA\} = [TA_J]^T \{FJ\} \quad (4.20)$$

### 4.3.3 - Transformação da matriz de rigidez de pilar

Esta operação tem por finalidade, transformar as partes da matriz de rigidez de pilar, que envolvem deslocamentos de corpo rígido do andar acima e abaixo do mesmo, para um sistema de coordenadas comum a todos os pilares.

Para isto, adota-se a transformação ação-deslocamento com o emprego da matriz  $[TA]$  dada por:

$$[TA] = \begin{bmatrix} [I] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [I] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [TA_J] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [TA_K] \end{bmatrix} \quad (4.21)$$

Esta matriz  $[TA]$  contém quatro submatrizes de  $3 \times 3$  na diagonal. A primeira e a segunda são matrizes identidade. A terceira e a quarta são do tipo apresentado na equação 4.14 e seus subscritos indicam os nós J e K do andar superior e inferior ao pilar, respectivamente, sendo as demais nulas.

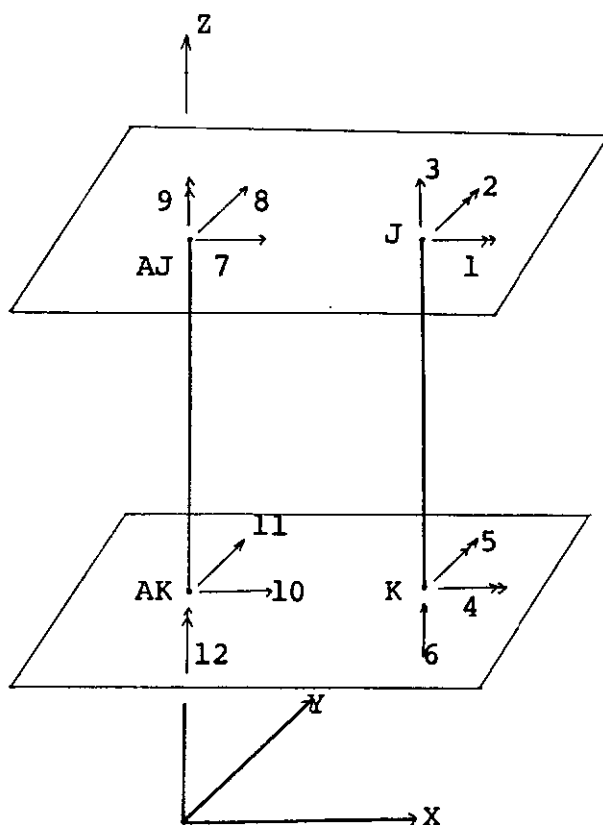


Fig. 4.6 - Deslocamentos de pilar

Sendo  $\{DE\}$  os deslocamentos das extremidades do pilar (vide fig. 3.16), referidos ao sistema global e  $\{DA\}$  o vetor que contém os deslocamentos como representados na figura 4.6, tem-se:

$$\{DE\} = [TA] \{DA\} \quad (4.22)$$

ou na forma expandida:



$$\begin{Bmatrix} \text{DE1} \\ \text{DE2} \\ \text{DE3} \\ \text{DE4} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{I} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \text{I} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{TA}_J & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{TA}_K \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \text{DE1} \\ \text{DE2} \\ \text{DA3} \\ \text{DA4} \end{Bmatrix} \quad (4.23)$$

Os vetores DA3 e DA4 contêm os deslocamentos de corpo rígido, do andar superior e inferior ao pilar, respectivamente.

De modo análogo, para as ações tem-se:

$$\{\text{FA}\} = [\text{TA}]^T \{\text{FE}\} \quad (4.24)$$

A equação ação-deslocamento para o elemento, no sistema global é:

$$\{\text{FE}\} = [\text{RCG}] \{\text{DE}\} \quad (4.25)$$

onde  $[\text{RCG}]$  é a matriz obtida pela relação 4.11.

Adotando-se o processo exposto em 3.1.4.2 obtém-se a matriz  $[\text{RCA}]$  dada por:

$$[\text{RCA}] = [\text{TA}]^T [\text{RCG}] [\text{TA}] \quad (4.26)$$

Substituindo-se as expressões 4.13 e 4.21 em 4.26 tem-se:

$$\begin{aligned}
 [\text{RCA}] = & \begin{bmatrix}
 [\text{RCG1},1] & [\text{RCG1},2] & [\text{RCG1},3] [\text{TA}_J] & [\text{RCG1},4] [\text{TA}_K] \\
 [\text{RCG2},1] & [\text{RCG2},2] & [\text{RCG2},3] [\text{TA}_J] & [\text{RCG2},4] [\text{TA}_K] \\
 [\text{TA}_J]^T [\text{RCG3},1] & [\text{TA}_J]^T [\text{RCG3},2] & [\text{TA}_J]^T [\text{RCG3},3] [\text{TA}_J] & [\text{TA}_J]^T [\text{RCG3},4] [\text{TA}_K] \\
 [\text{TA}_K]^T [\text{RCG4},1] & [\text{TA}_K]^T [\text{RCG4},2] & [\text{TA}_K]^T [\text{RCG4},3] [\text{TA}_J] & [\text{TA}_K]^T [\text{RCG4},4] [\text{TA}_K]
 \end{bmatrix} \quad (4.27)
 \end{aligned}$$

Esta matriz  $[RCA]$  deve ser calculada para cada pilar, e seus coeficientes devidamente adicionados à formação da matriz de rigidez global da estrutura.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISE GLOBAL DA ESTRUTURA

#### 5.1 - Generalidades

Este capítulo descreverá de modo sucinto, as diversas etapas da análise adotada, desde a formação do sistema de equações, até a determinação dos esforços que se desenvolvem na estrutura.

Descrever-se-ã também, as técnicas adotadas para introdução de apoios elásticos, bem como para análise de recalques verticais de apoio.

#### 5.2 - Método de análise

No método da rigidez, que é o adotado no presente trabalho, as incógnitas são os deslocamentos e o sistema de equações apresenta-se sob a forma:

$$[K] \{D\} = \{V\} \quad (5.1)$$

onde:

$[K]$  - matriz de rigidez global da estrutura

$\{D\}$  - vetor dos deslocamentos da estrutura

$\{V\}$  - vetor das cargas

O problema em questão envolve grande número de incógnitas, fazendo surgir a impossibilidade de se ter presente, na memória central de um computador de pequeno porte, toda a matriz  $K$ .

Mesmo adotando-se, para esta matriz, o tratamento em faixa e fazendo uso de computadores de maior porte, esta dificuldade ainda se verifica.

A referência 2 apresenta técnicas de programação para os métodos diretos de Gauss e Cholesky, bastante eficazes em termos de memória central, para solução de sistemas do tipo 5.1.

No presente trabalho, adotar-se-á o método de Cholesky.

### 5.3 - Características da técnica adotada para solução do sistema de equações

#### 5.3.1 - Tratamento em faixa

A matriz de rigidez é tratada em faixa, armazenando-se apenas os coeficientes da diagonal principal e os que lhe são superiores.

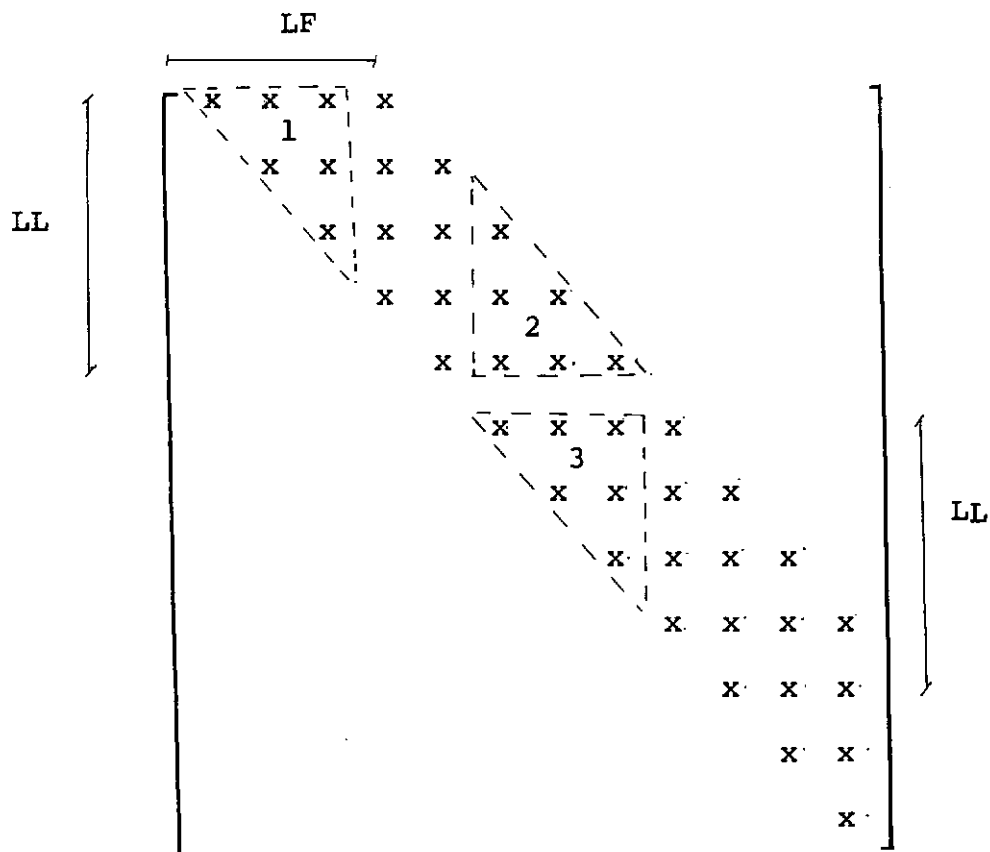
5.3.2 - Montagem em blocos

Fig. 5.1 -

A técnica prevê, a partição do sistema de equações em blocos de dimensões LL por LF, sendo LL o número de equações da partição e LF a largura de faixa, e impõe a condição  $LL \geq LF$ . (vide fig. 5.1).

Com a finalidade de obter a máxima economia em termos de memória central, adota-se neste trabalho, o comprimento de cada bloco igual a largura de faixa.

Ou seja:

$$LL = LF$$

Para a numeração dos nós e deslocamentos, apresentada em 2.8.2 e 2.8.4 respectivamente, a largura de faixa a ser considerada é:

$$LF = 2.(3NN + 3)$$

### 5.3.3 - Triangularização da matriz de rigidez

A triangularização da matriz  $[K]$  (método de Cholesky) é elaborada nas seguintes etapas:

a) Triangularização do primeiro bloco e respectivo armazenamento em memória auxiliar.

b) Cálculo da influência deste bloco, sobre a matriz triangularizada do que lhe é consecutivo.

Verifica-se que os coeficientes, de um bloco, necessários ao cálculo de sua influência sobre a triangularização do seguinte, são os interiores ao triângulo 2. (vide fig. 5.1).

Esta influência é pois calculada e armazenada no triângulo 1 visto na fig. 5.1.

c) Formação da matriz de rigidez relativa à partição se

guinte, sobre os valores calculados em b.

d) Repetição das etapas a, b e c para os demais blocos.

Verifica-se que cada bloco, exceto o primeiro, terá sua matriz de rigidez, modificada pela influência do anterior sobre sua triangularização.

#### 5.3.4 - Resolução do sistema de equações

A partir da matriz de rigidez triangularizada e armazenada em partições na memória auxiliar, faz-se a modificação do vetor de cargas  $V$ , transformando-o no vetor dos deslocamentos.

#### 5.4 - Formação da matriz de rigidez

A obtenção dos coeficientes da matriz de rigidez da estrutura, é feita somando-se as contribuições dos coeficientes de rigidez, dos elementos, envolvidos em cada um dos graus de liberdade considerados.

#### 5.5 - Esforços nas extremidades dos elementos

Conhecidos, os deslocamentos da estrutura, através da solução do sistema de equações, passa-se ao cálculo dos esforços que atuam nas extremidades dos elementos.



Estes, serão obtidos pela relação:

$$\{q\} = \{EE\} + [RE]\{d\} \quad (5.1)$$

onde:

$\{q\}$  - vetor dos esforços nas extremidades dos elementos

$\{EE\}$  - esforços de engastamento perfeito

$[RE]$  - matriz de rigidez do elemento, referida ao sistema local

$\{d\}$  - vetor dos deslocamentos das extremidades dos elementos, referido ao sistema local

É importante observar que para as vigas dotadas de trechos rígidos, os esforços calculados são os atuantes nos pontos A e B das mesmas (vide fig. 3.14).

## 5.6 - Recalque vertical de apoio

Para análise de recalque vertical de apoio, considera-se a estrutura bloqueada e calculam-se os esforços de engastamento perfeito do pilar, devidos ao deslocamento do apoio deste.

Estes esforços, são adicionados à formação do vetor de carga da estrutura, com sinais trocados.

Para um pilar de seção AZ e comprimento  $l$ , o valor do

esforço a ser considerado, devido a um recalque  $\Delta$ , é dado por:

$$V(\text{REC}) = - \frac{E \cdot A Z \cdot \Delta}{\ell} \quad (5.2)$$

### 5.7 - Apoios elásticos

Como foi dito em 2.7, o programa analisa estruturas dotadas de apoios elásticos nos andares, nas direções do movimento de corpo rígido destes.

Seja um andar genérico, com apoios elásticos nas direções X, Y e Z, localizados num ponto E de coordenadas XE e YE.

Admita-se que os coeficientes de rigidez destes apoios sejam K1, K2 e K3 respectivamente.

Fazendo-se para estes coeficientes, uma transformação a nãloga ã efetuada no item 4.3.3 para as rigidezes de pilar, tem-se:

$$[KE] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -YE & XE & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K1 & 0 & 0 \\ 0 & K2 & 0 \\ 0 & 0 & K3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -YE \\ 0 & 1 & XE \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(5.3)

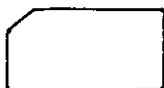
Introduz-se o efeito dos apoios elásticos, adicionando-se os coeficientes de  $[KE]$  , à formação da matriz de rigidez global da estrutura.

## CAPÍTULO VI

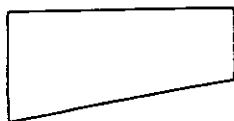
### DIAGRAMAS DE BLOCOS

Apresentam-se, diagramas de blocos simplificados da programação automática, com a finalidade de facilitar sua compreensão.

#### 6.1 - Convenções



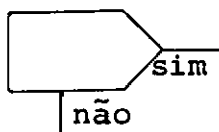
Entrada de dados por meio de cartões



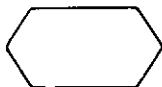
Impressão de dados lidos ou resultados calculados



Processamento das operações indicadas no interior do retângulo



Controle condicional



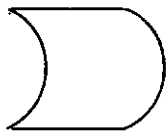
Controle iterativo



Conexão entre pontos do diagrama que não puderam ser ligados por uma linha



Chamada de subrotina



Armazenar ou ler em disco magnético



Término do programa ou de subrotina

## 6.2 - Estruturação do programa automático

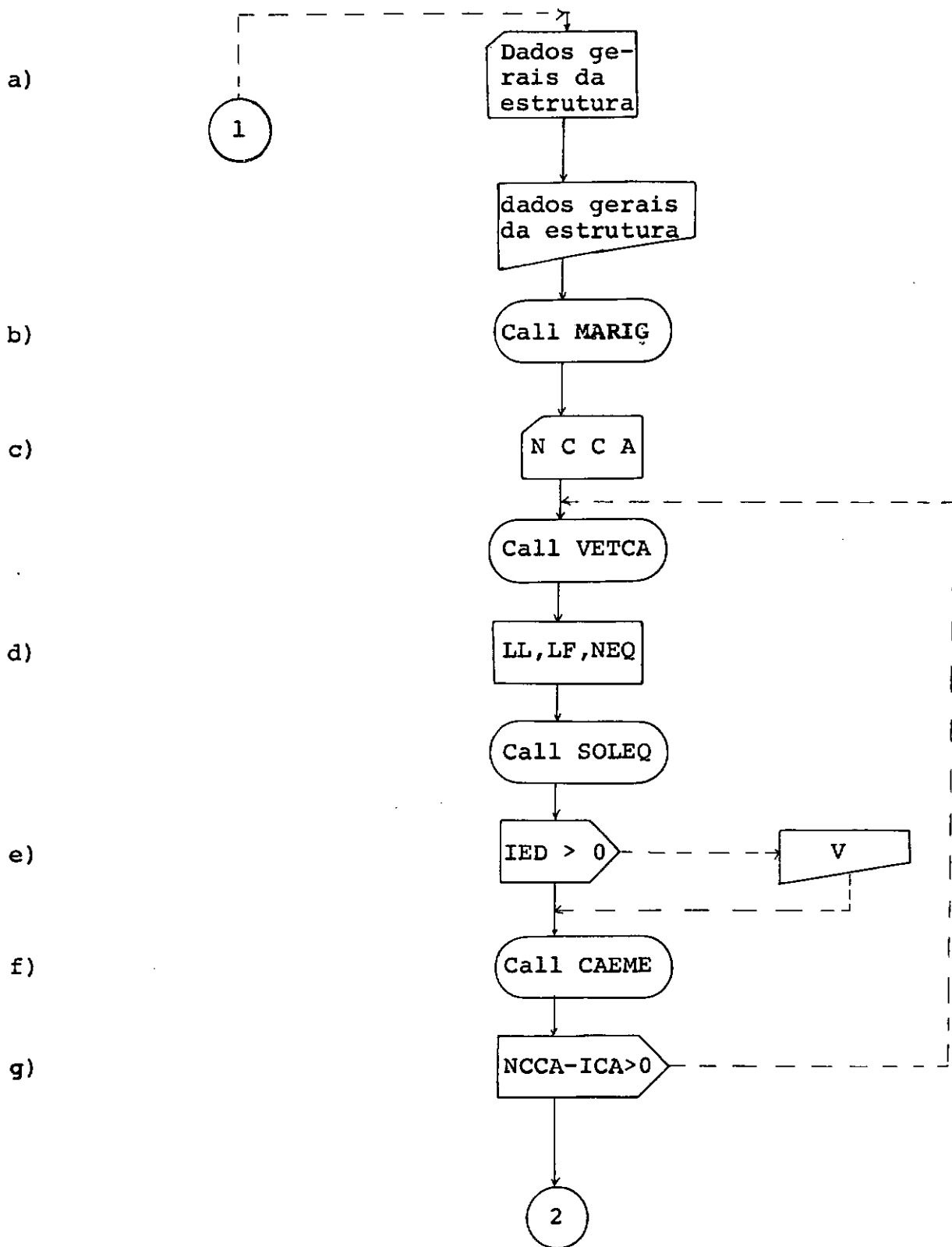
A programação automática consta de um programa principal chamado Edifício e nove subrotinas.

Com a finalidade de adaptar o programa à memória disponível, criou-se uma estrutura de OVERLAY. Desta forma, durante a execução, nem todas as subrotinas residem na memória central, ao mesmo tempo.

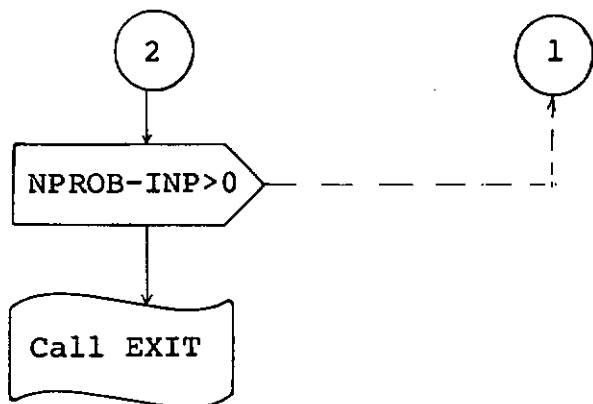
As subrotinas e suas respectivas funções são as seguintes:

- a) MARIG - Forma a matriz de rigidez da estrutura em blocos.
- b) VIGA - Forma as matrizes de rigidez das vigas, nos sistemas local e global.
- c) PILAR - Forma as matrizes de rigidez dos pilares, nos sistemas local e global.

- d) TRIAG - Decompõe a matriz de rigidez da estrutura em uma matriz triangular superior, que multiplicada pela sua transposta, fornece a primeira. Esta decomposição é efetuada em blocos.
- É uma subrotina modificada da DEBLO<sup>2</sup>, para tratar a matriz de rigidez em forma bidimensional.
- e) SOLEQ - Resolve o sistema de equações a partir da matriz faixa triangular superior obtida por TRIAG, e armazenada em blocos. É uma subrotina modificada da REBLO<sup>2</sup>.
- f) VETCA - Forma o vetor de carga da estrutura.
- g) CAEME - Calcula os esforços nas extremidades dos elementos e as reações de apoio.
- h) CACON - Calcula os esforços de engastamento perfeito das vigas, devidos à cargas verticais concentradas.
- i) VARLI - Calcula os esforços de engastamento perfeito das vigas, devidos à cargas distribuídas com variação linear.

6.3 - Programa principal - EDIFÍCIO

h)



### Observações:

- a) São lidos e impressos dados da estrutura. (vide, no apêndice o Manual de Utilização do Programa).
- b) Chama-se a subrotina que forma a matriz de rigidez da estrutura.
- c) Lê-se o número de casos de carregamento e chama-se a subrotina que monta o vetor de carga da estrutura.
- d) Calcula-se o comprimento do maior bloco, a largura de faixa da matriz de rigidez, o número de equações do sistema e chama-se em seguida a subrotina que resolve o mesmo.
- e) Faz-se um teste com a variável IED que indica se os deslocamentos da estrutura devem ou não ser impressos.
- f) Chama-se a subrotina CAEME para o cálculo dos reforços nas extremidades dos elementos e das reações de apoio.
- g) Faz-se um teste para verificar se há outro carregamento a ser considerado.



h) Teste para verificar se há mais alguma estrutura a ser analisada.

#### 6.4 - Subrotina MARIG

a)

NI,NF,HI

NI,NF,HI

b)

NA = 1

LL=6.(NN+1)  
LF=6.(NN+1)

LL=3.(NN+1)  
LF=3.(NN+1)

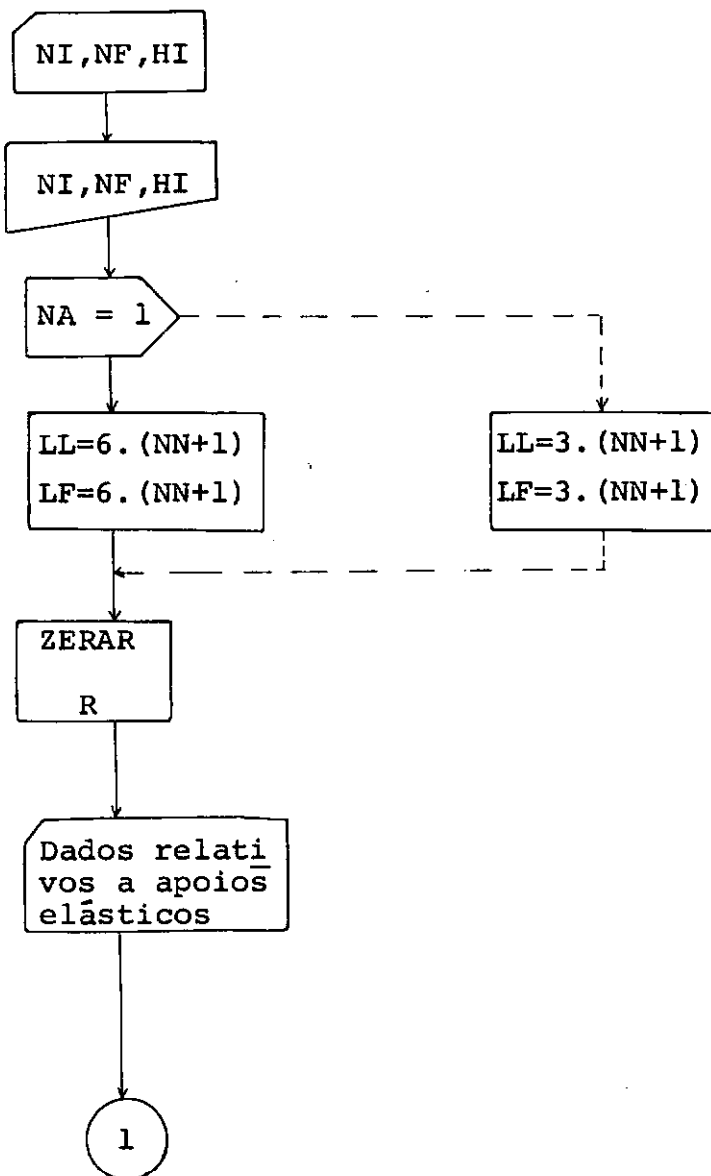
ZERAR

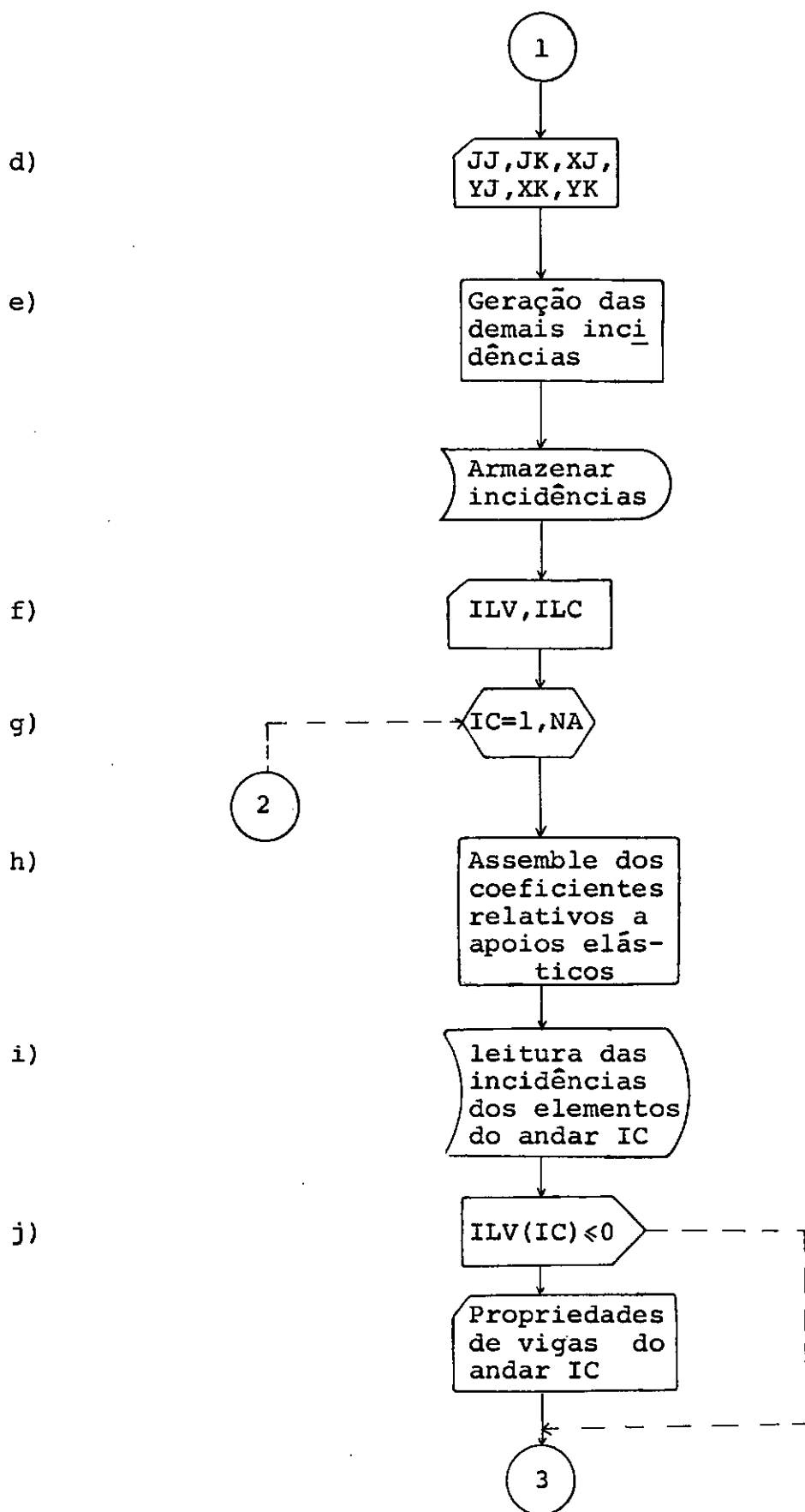
R

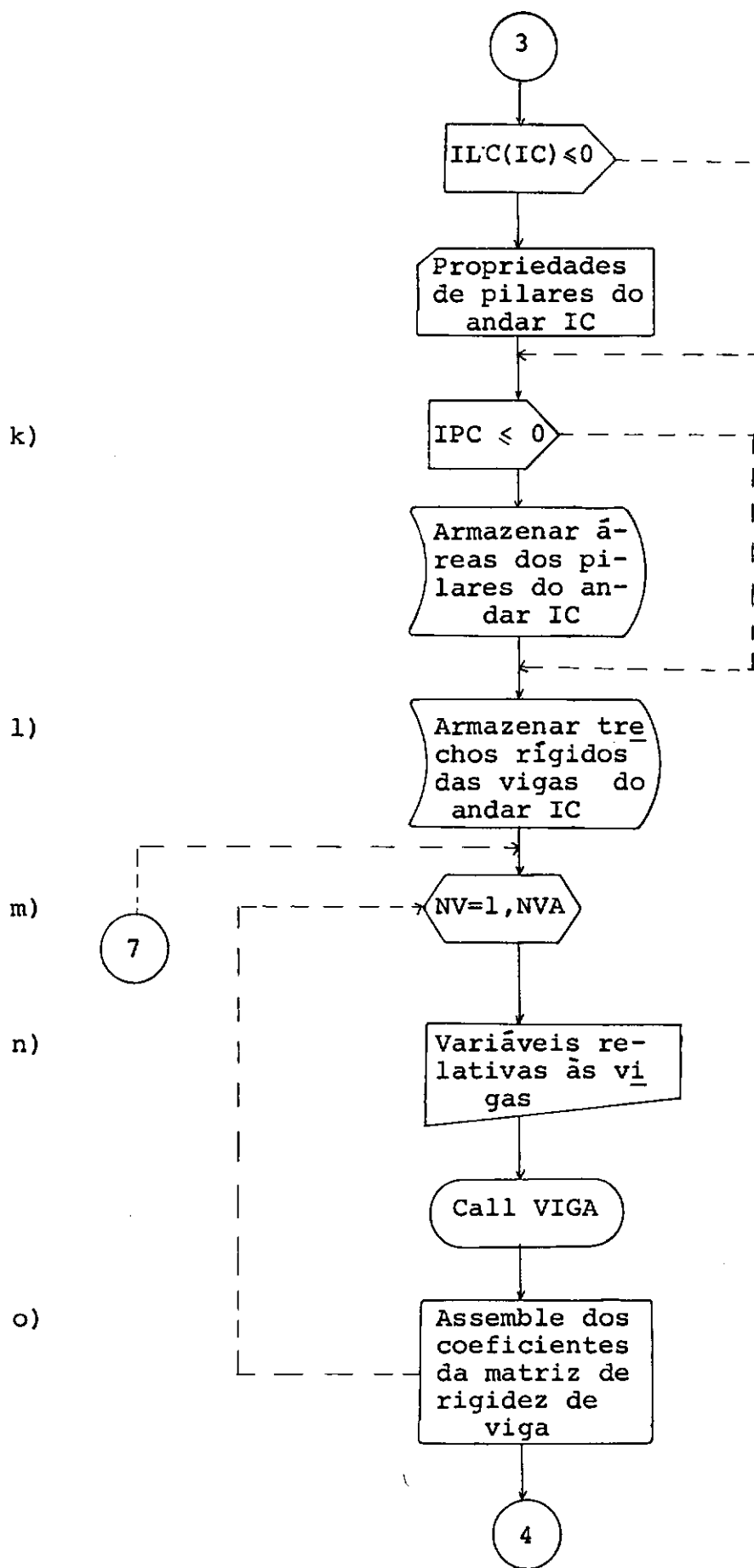
c)

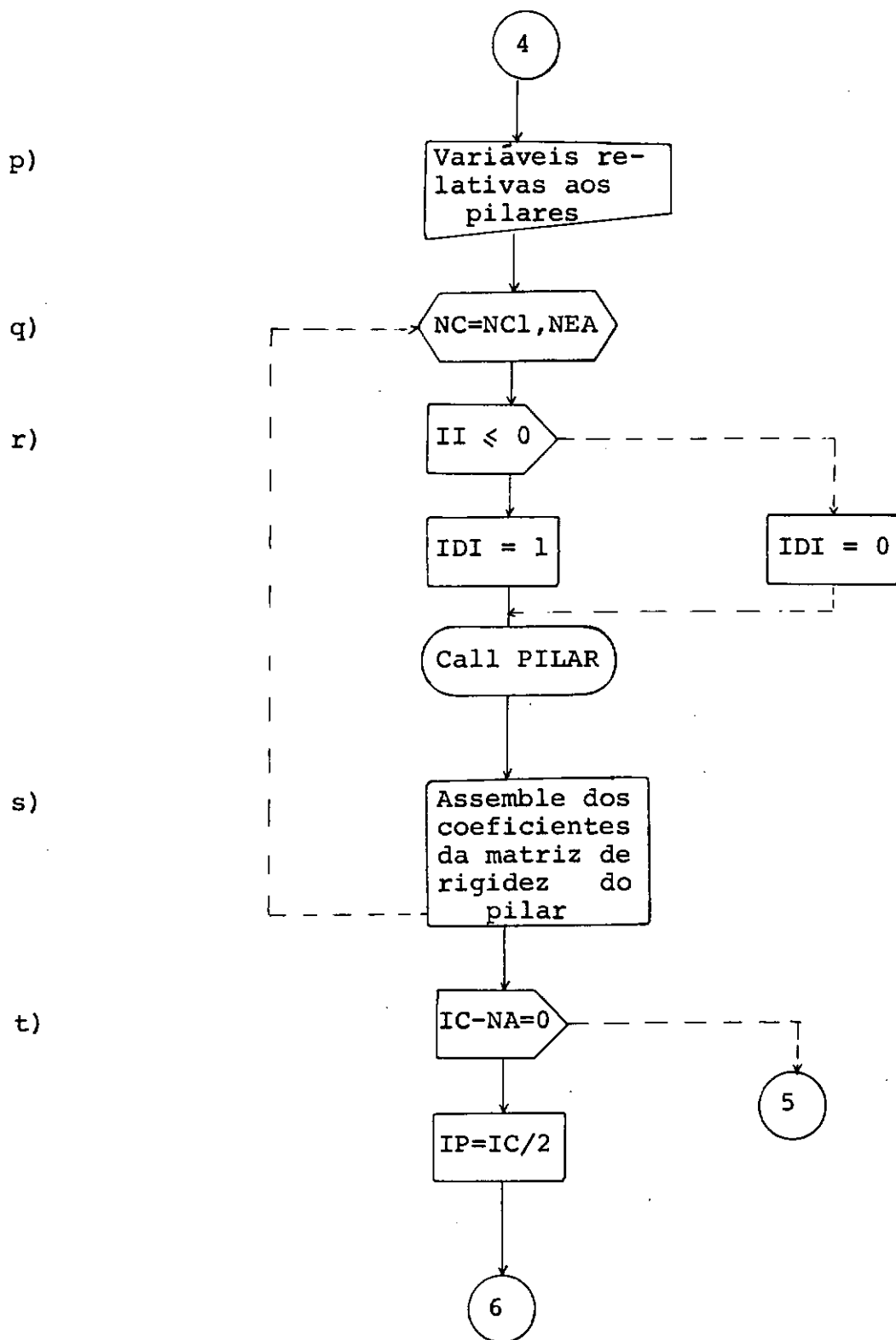
Dados relativos  
a apoios  
elásticos

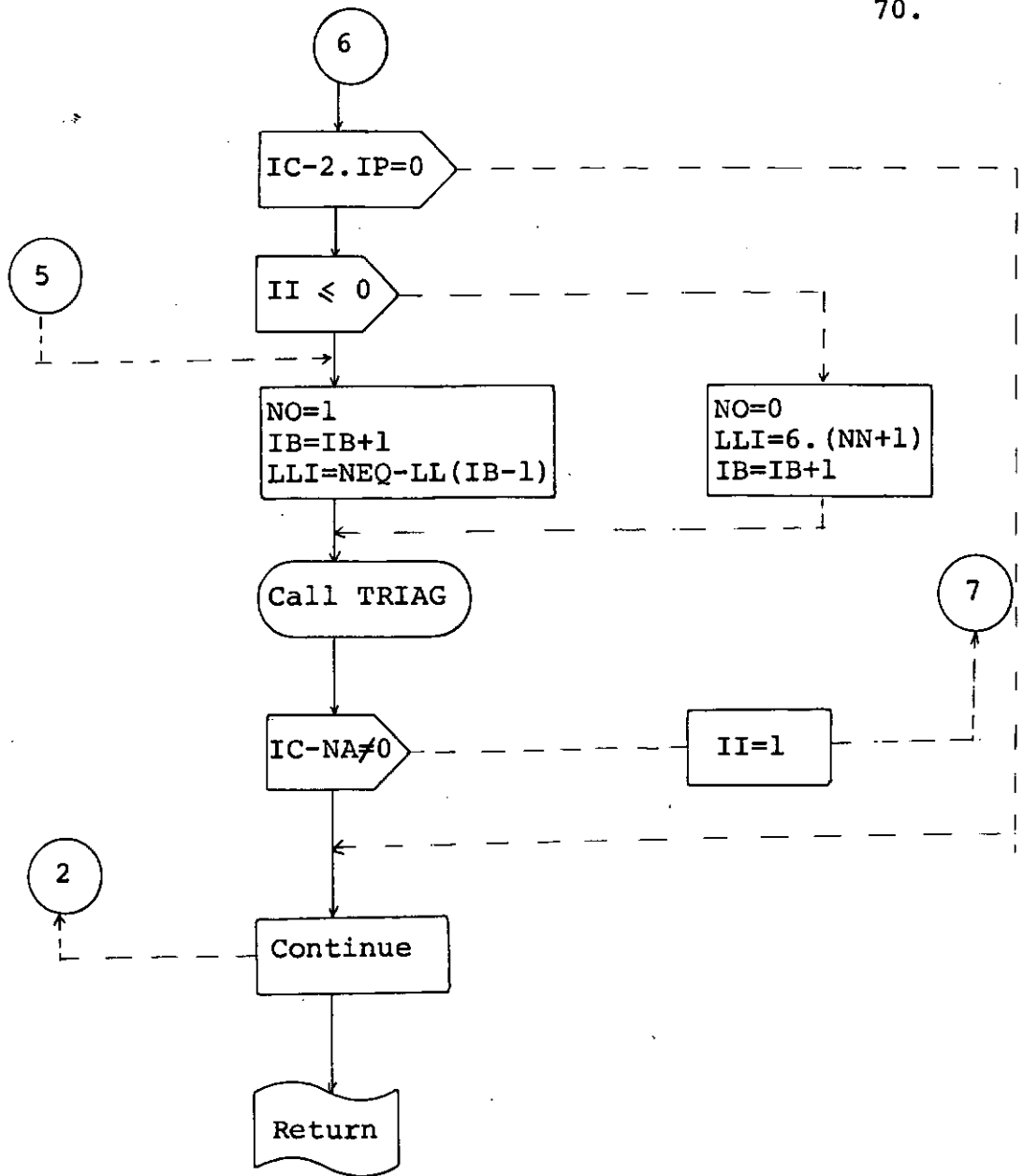
1











## Observações

- a) São lidos e impressos os dados relativos à altura dos andares. Forma-se o vetor de altura dos pilares.
- b) Calcula-se o número de equações da maior partição, a largura de faixa da matriz de rigidez e zera-se o primeiro bloco desta. (R).
- c) Lê-se o número de andares que têm apoios elásticos e as coordenadas XE e YE destes apoios. Lê-se o número do andar e as rigidezes dos apoios elásticos nele existentes.
- d) São lidas as incidências e coordenadas dos pontos nodais, dos elementos do primeiro andar.
- e) As incidências dos demais elementos são geradas e armazenadas em disco magnético.
- f) São lidos para cada andar os valores de ILV e ILC.  
 A variável ILV(I) dá para o andar I, o número de vigas cujas propriedades serão lidas.  
 Ex.: ILV(4) = 2 - indica que no quarto andar serão lidas as propriedades (momentos de inércia e comprimento dos trechos rígidos) de duas vigas. (Vide no apêndice o Manual de utilização do Programa).  
 A variável ILC refere-se aos pilares tendo para estes, o mesmo significado que ILV tem para as vigas.
- g) Controle iterativo que percorre todos os andares da estrutura.

- h) Introduz-se, na matriz de rigidez da estrutura, a influência dos apoios elásticos do andar IC, caso estes existam.
- j) São feitos testes com as variáveis ILV e ILC e conforme seus valores são lidas ou não propriedades relativas aos elementos do andar IC.
- k) Caso o peso próprio dos pilares deva ser considerado automaticamente, faz-se o armazenamento das áreas (AZ) dos mesmos.
- l) Armazenam-se, em disco magnético, os comprimentos dos trechos rígidos das vigas.
- m) Controle iterativo percorrendo as vigas do andar IC.
- n) Escrevem-se, dados lidos e resultados calculados, relativos às vigas e forma-se a matriz de rigidez das mesmas. (Call Viga).
- o) Faz-se o assemble dos coeficientes da matriz de rigidez da viga, na Matriz de Rigidez Global.  
  
Pelo fato da matriz de rigidez ser formada em blocos, torna-se necessário que se efetue a renumeração dos deslocamentos ao se proceder o assemble.
- p) Imprimem-se, dados lidos e resultados calculados, relativos ao pilares do andar IC.
- q) Controle iterativo percorrendo os pilares do andar IC.
- r) Determina-se o valor da variável IDI e chama-se a subrotina PILAR para formar a matriz de rigidez do elemento.
- s) Faz-se o assemble dos coeficientes da matriz de rigidez do pilar, na matriz global.

Quando o pilar pertence a um andar de número ímpar, todos os coeficientes de sua matriz de rigidez são adicionados à formação de um só bloco.

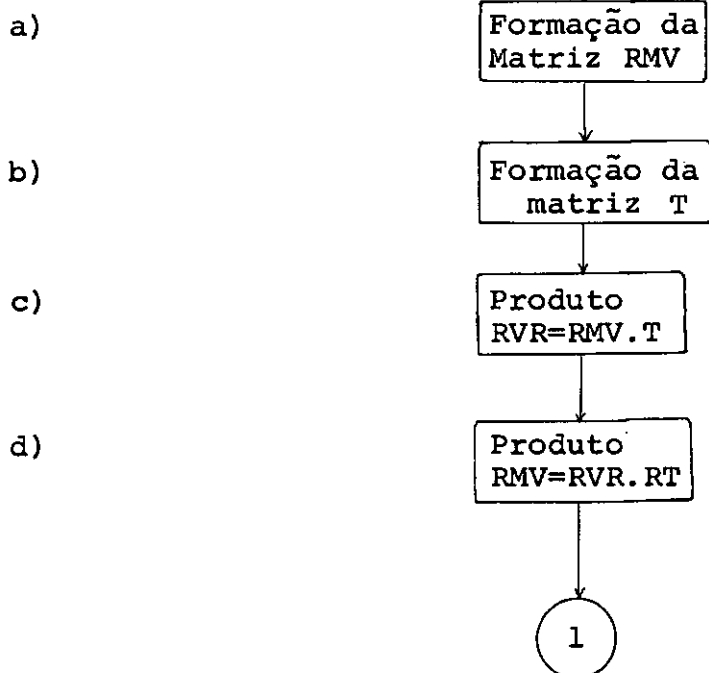
Quando o pilar pertence a um andar de número par (fronteira de partição), parte de seus coeficientes de rigidez pertence a um bloco e outra parte ao bloco seguinte.

- t) São feitos testes para determinação das partições e cálculo de NO, IB e LLI.

A variável NO indica se o bloco de número IB e comprimento LLI é o último a ser considerado ou não.

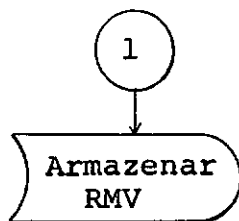
Se o bloco está formado, chama-se a subrotina TRIAG para proceder sua triangularização.

#### 6.5 - Subrotina VIGA

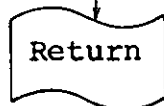
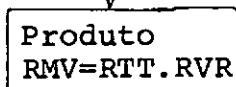
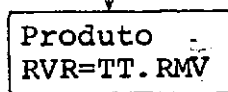




e)

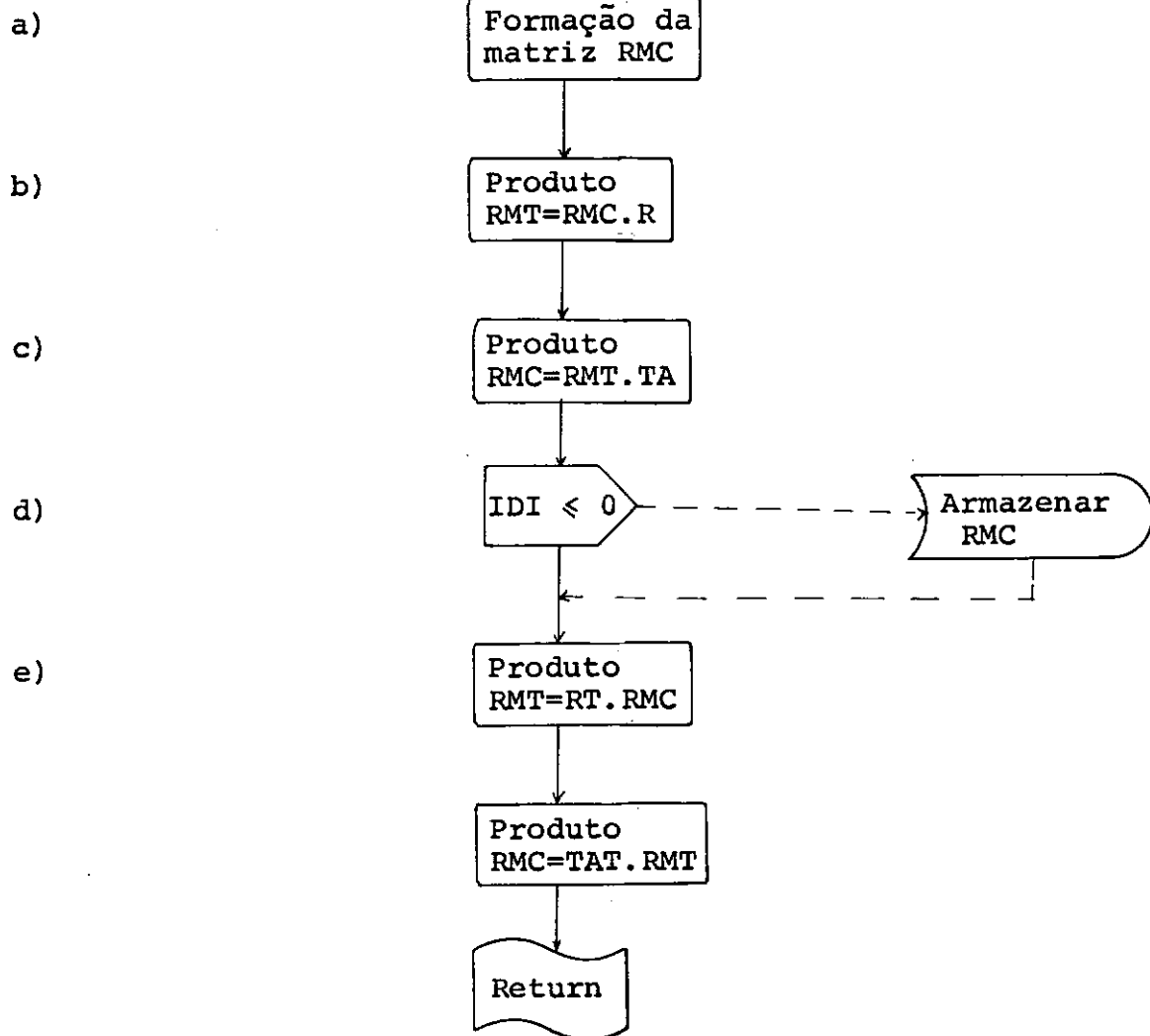


f)



### Observações:

- a) A matriz  $RMV$ , inicialmente formada, é a  $RV$  apresentada no item 3.1.3 da parte teórica.
- b) A matriz  $T$  é o produto da matriz  $TJK$  da expressão 3.2 pela  $TIJK$  de 3.11.
- d) A matriz  $RT$  é a da expressão 4.10, tendo-se efetuado os produtos que a envolvem sem proceder sua formação completa.
- f) As matrizes  $TT$  e  $RTT$  são as transpostas de  $T$  e  $RT$  respectivamente.

6.6 - Subrotina PILARObservações:

a) A matriz RMC, inicialmente formada, é a RC apresentada na expressão 3.14.

b) A matriz R é a apresentada na expressão 4.12.

c) A matriz TA é a da expressão 4.21.

d) Faz-se um teste com a variável IDI para o armazenamento ou não da matriz RMC.

e) As matrizes RT e TAT são as transpostas de R e TA respectivamente.

Os produtos que envolvem as matrizes R e TA foram efetuados sem necessidade da formação completa das mesmas.

### 6.7 - Subrotina VETCA

a)

Zerar  
NVCA, VAR, C,  
V

NNC, NAC, NVC,  
NCRE, IPC

NNC, NAC, NVC,  
NCRE, IPC

b)

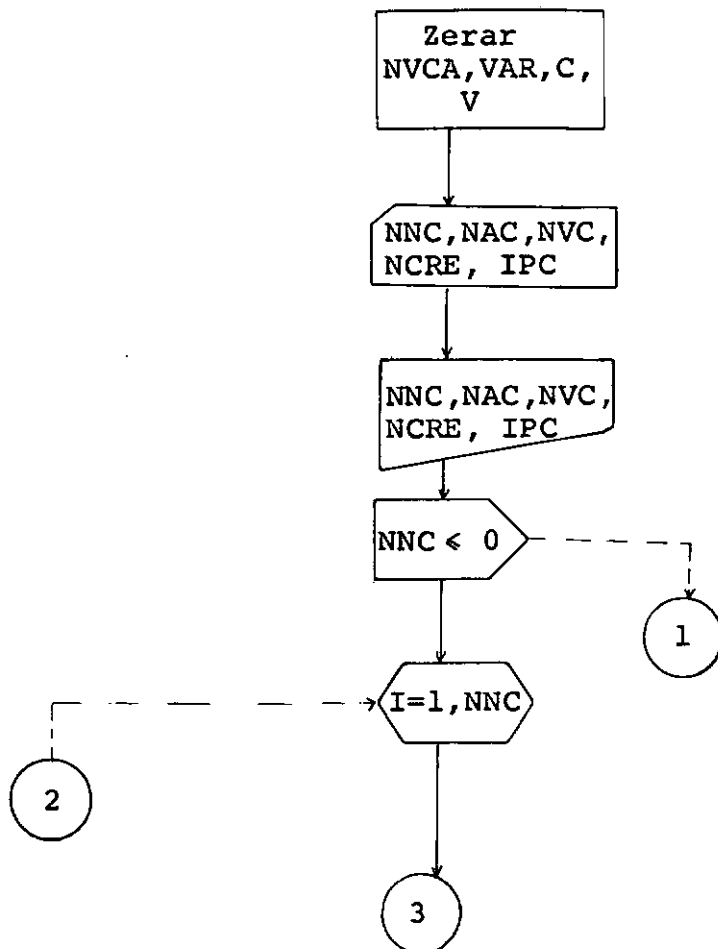
NNC < 0

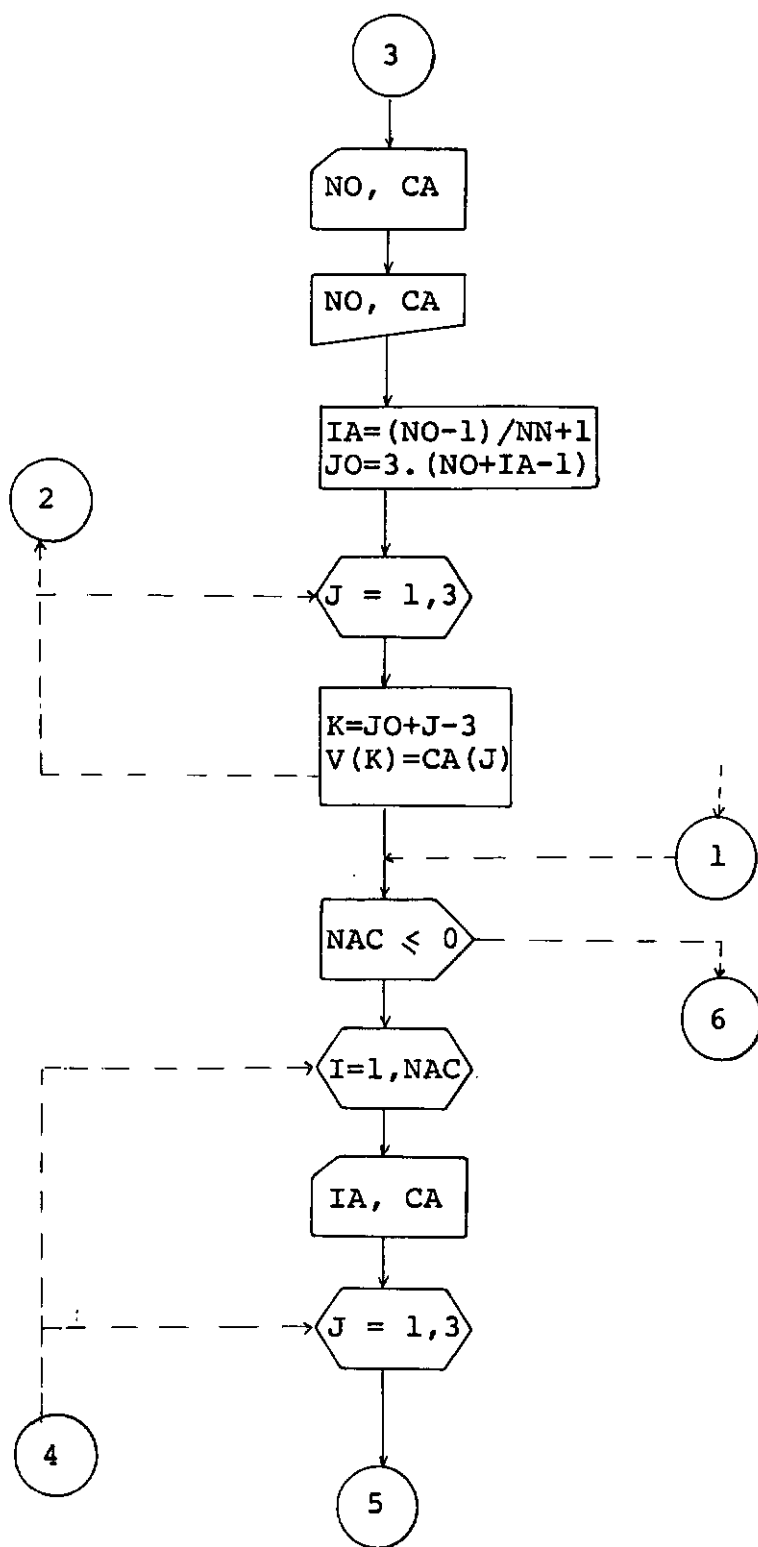
1

I=1, NNC

2

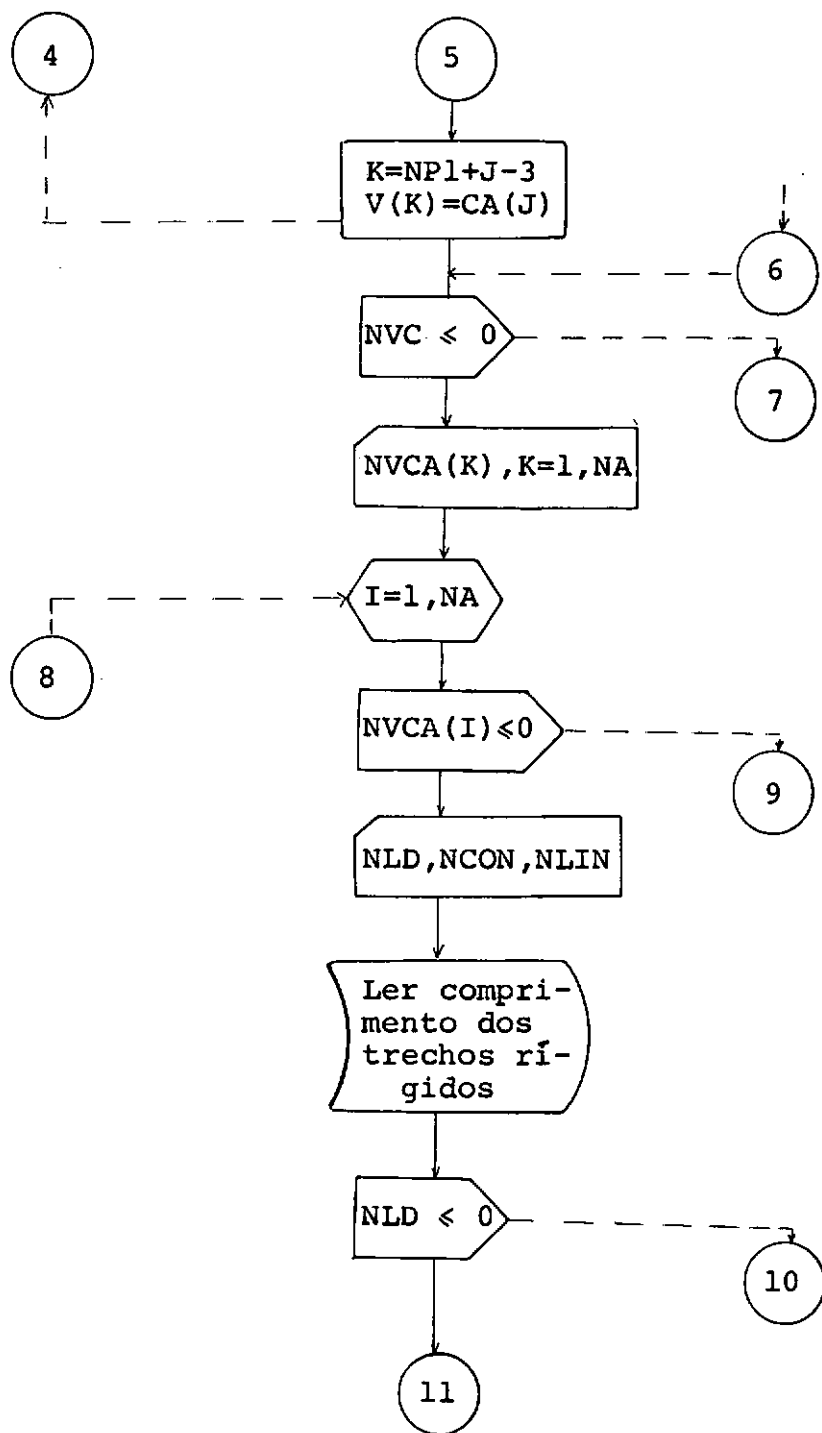
3

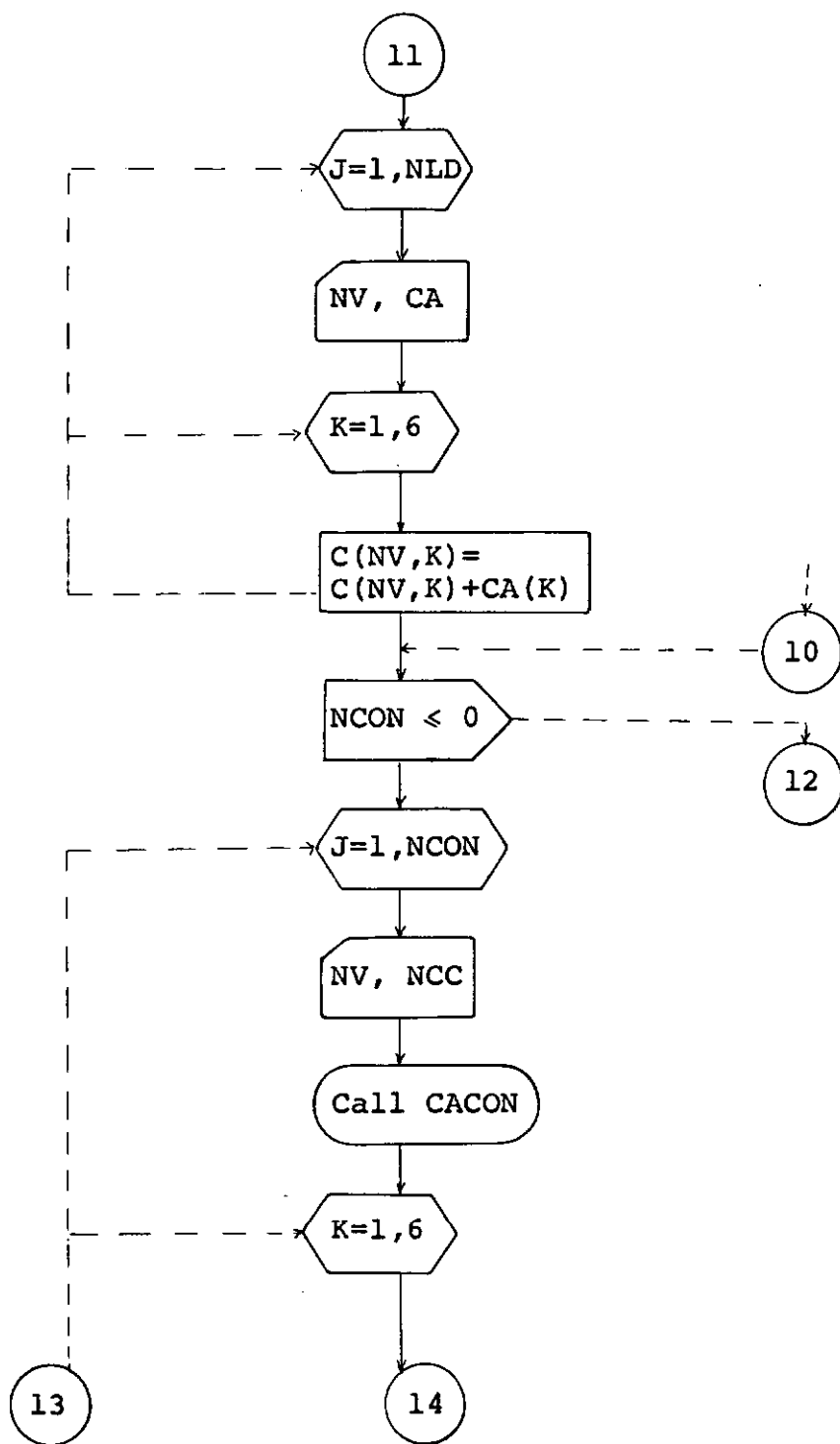


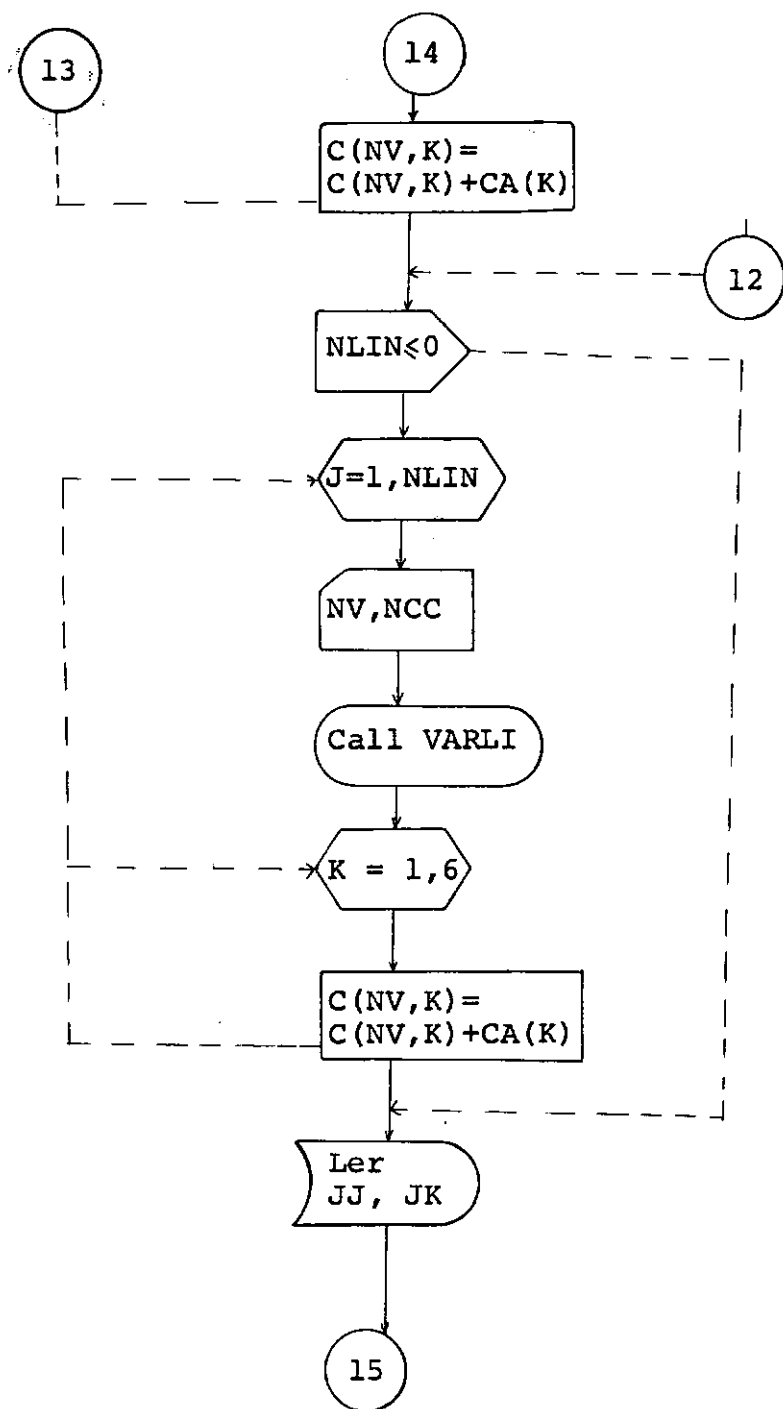


c)

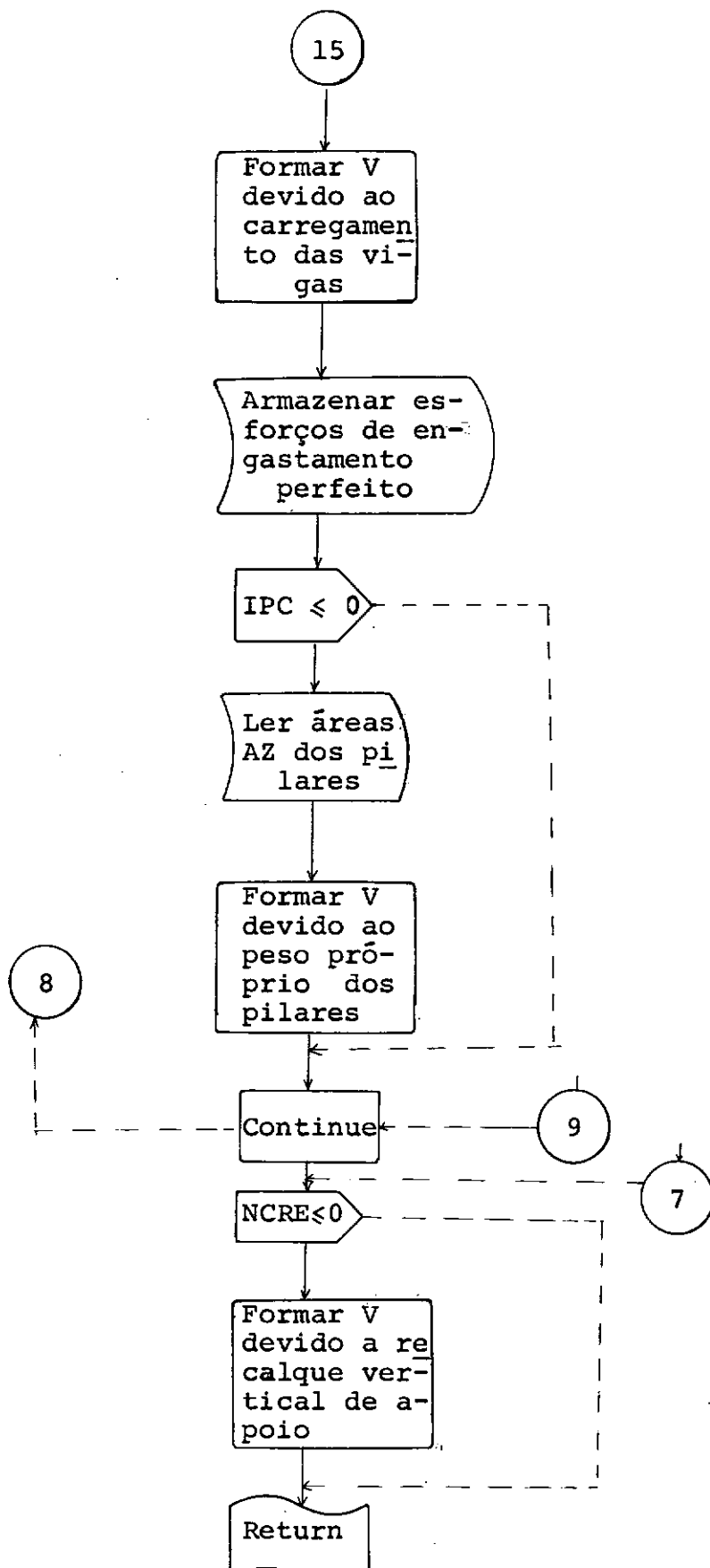
d)







e)



f)



Observações:

a) Este item envolve operações com as seguintes variáveis:

NVCA - em cada andar, fornece o número de vigas que têm carga;

VAR - vetor dos esforços de engastamento perfeito dos pilares, devidos à recalques verticais de apoio;

C - esforços de engastamento perfeito nas vigas;

V - vetor de carga da estrutura;

NNC - número de nós que possuem cargas aplicadas diretamente sobre eles;

NAC - número de andares que têm cargas aplicadas diretamente;

NVC - variável que indica se há vigas com carga, ou não;

NCRE - número de colunas cujo apoio sofreu recalque;

IPC - índice que indica se o peso próprio dos pilares deve ou não ser considerado automaticamente.

b) Faz-se a leitura das cargas nodais e respectivo assemble no vetor V.

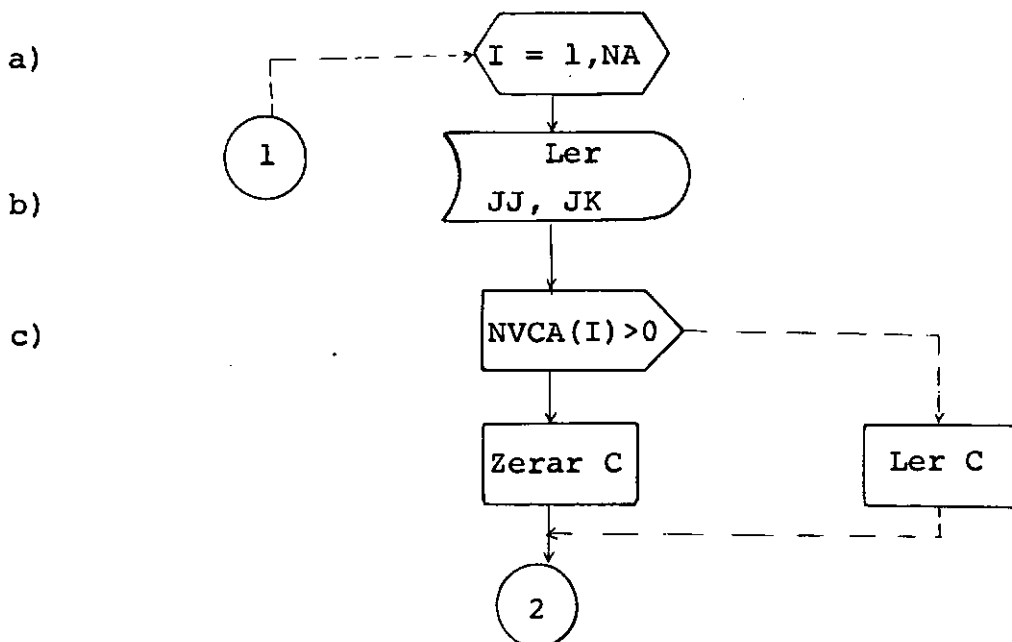
c) Idem para as cargas de andar.

d) Para cada andar faz-se a leitura das cargas atuantes nas vigas, referidas ao sistema local. Os esforços de engastamento perfeito das vigas são lidos ou calculados.

Em seguida transformam-se estes esforços para o sistema global e faz-se o assemble no vetor V.

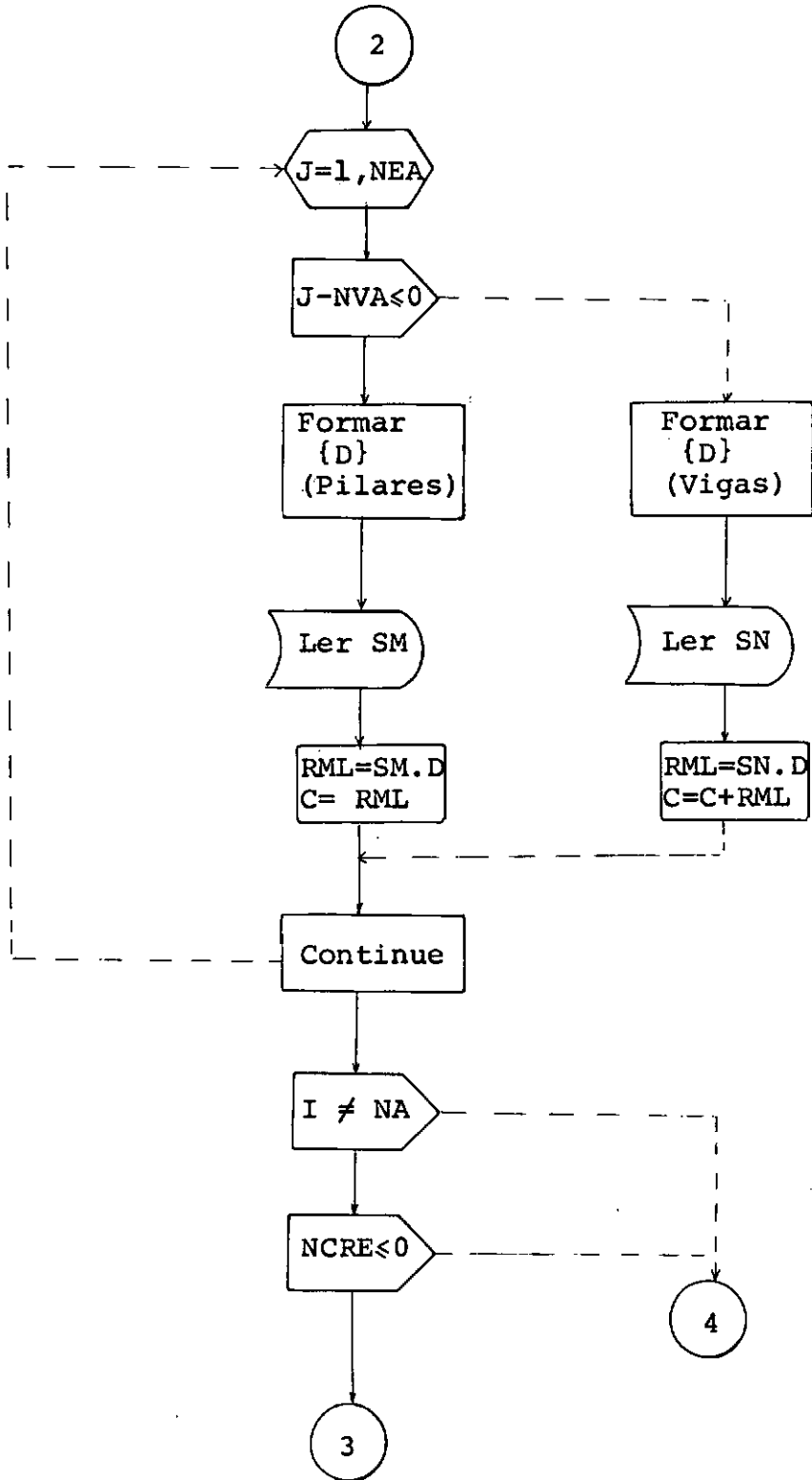
- e) Forma-se o vetor de carga devido ao peso próprio dos pilares.
- f) Inclui-se no vetor de carga da estrutura o efeito dos recalques verticais de apoio.

#### 6.8 - Subrotina CAEME



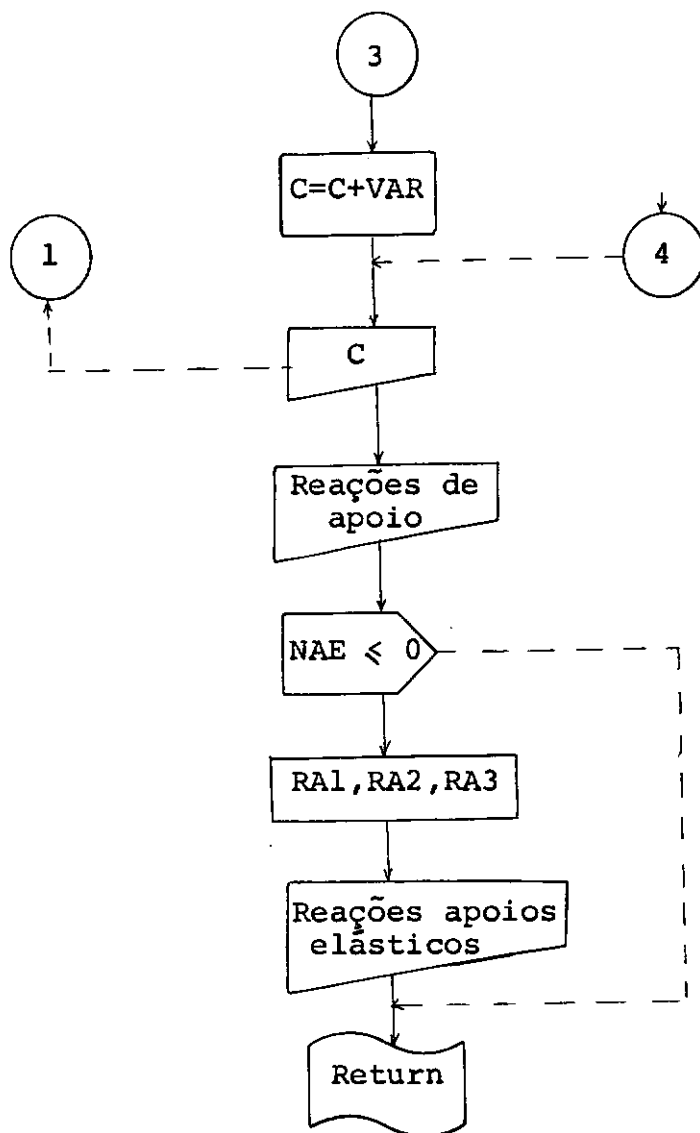
d)

e)



f)

g)



### Observações:

- a) Controle iterativo percorrendo os andares
- b) Faz-se a leitura das incidências dos elementos do andar I, em disco magnético.
- c) Testa-se o valor da variável NVCA(I) para saber se há ou não vigas com carga no andar I. Em caso afirmativo leem-se em

disco magnético os esforços de engastamento perfeito e em caso contrário zeram-se os mesmos.

- d) Controle iterativo percorrendo os elementos do andar I.
- e) Forma-se o vetor  $\{D\}$  dos deslocamentos nodais dos elementos e calculam-se os esforços nas extremidades dos mesmos, através da automatização da expressão 5.1.

As operações deste item envolvem as seguintes variáveis:

SM - é matriz RMC calculada e arquivada em disco magnético, pela subrotina PILAR;

SN - é a matriz RMV calculada e arquivada em disco (subrotina VIGA);

C - esforços de engastamento perfeito e esforços nas extremidades dos elementos.

- f) Escrevem-se as reações de apoio.
- g) Calculam-se e escrevem-se as reações dos apoios elásticos, caso estes existam.

CAPÍTULO VIIL I S T A G E N S    D O S    P R O G R A M A S

```

//OSCAR JOB (8004,71170026),MSGLEVEL=(2,0),TIME=10,CLASS=H
//STEP13 EXEC PGM=IEHPRGM
//SYSPRINT DD SYSOUT=A
//DD1 DD UNIT=2314,VOL=SER=LIX001,DISP=OLD
//SYSIN DD *
    SCRATCH DSNAME=EDIFICIO,VOL=2314=LIX001,PURGE
    SCRATCH DSNAME=ANTON,VOL=2314=LIX001,PURGE
/*
//STEP1 EXEC FORTGCL
//SYSIN DD *
    SUBROUTINE MARIG(NA,NP,NN,NVA,NH,E,G,IPC,IB,R)
C .....
C**** ESTA SUBROTINA FORMA A MATRIZ DE RIGIDEZ DA ESTRUTURA EM BLOCOS
C .....
    REAL MIX(90),MIY(90),MIZ(90),MIXC,MIYC,MIZC,LM
    DIMENSION R(156,156),RMDV(6,6),RMDC(12,12),JI(12),HI(10),NI(10),NF
    *(10),ALFA(90),ILV(50),ILC(50)
    COMMON /AO/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
    *(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
    *K3,K4,K5,K6,K7
C    FORMACAO DO VETOR DE ALTURA DAS COLUNAS
    NH=NH+1
    DO 100 I=1,NH
    READ(8,110)NI(I),NF(I),HI(I)
110 FORMAT(2I5,F10.0)
    WRITE(5,112)HI(I),NI(I),NF(I)
112 FORMAT(/33X,'ALTURA DE ANDAR',F5.2,13X,'INICIO=',I3,7X,'FIM=',I3)
    IJ=NI(I)
    JU=NF(I)
    DO 100 K=IJ,JU
100 H(K)=HI(I)
    IF(NA-1)1,2,3
    1 STOP
    2 LL=3*(NN+1)
    LF=3*(NN+1)
    GO TO 4
    3 LL=6*(NN+1)
    LF=6*(NN+1)
C**** ZERAR MATRIZ DE RIGIDEZ
    4 DO 5 I=1,LL
    DO 5 J=1,LF
    5 R(I,J)=0.
    NEQ=3*NA*(NN+1)
    IB=0
    IRV=0
    IRP=0
    K5=1
    K2=1
C**** LEITURA RELATIVA A APOIO ELASTICO
    READ(8,210)NAE,XJE,YJE

```

```

210 FORMAT(I5,2F10.0)
    IF(NAE)215,215,220
220 DO 230 I=1,NA
    DO 230 J=1,3
230 RAE(I,J)=0.
    WRITE(5,235)
235 FORMAT(/38X,'DADOS RELATIVOS A APOIOS ELASTICOS')
    WRITE(5,240)
240 FORMAT(/19X,'ANDAR',16X,'RAEX',16X,'RAEY',16X,'RAEZ')
    DO 245 K=1,NAE
    READ(8,250)I,(RAE(I,J),J=1,3)
250 FORMAT(I5,3F10.0)
    WRITE(5,255)I,(RAE(I,J),J=1,3)
255 FORMAT(/11X,I13,3F20.2)
245 CONTINUE
215 NEA=NP+NVA
    NC1=NVA+1
C**** LEITURA DAS INCIDENCIAS E COORDENADAS DOS ELEMENTOS DO ANDAR NO. 1
    READ(8,135)(I,JJ(I),JK(I),XJ(I),YJ(I),XK(I),YK(I),K=1,NEA)
135 FORMAT(3I5,4F10.0)
    WRITE(5,2000)
    WRITE(5,300)
300 FORMAT(/34X,'COORDENADAS DOS PONTOS NODAIS DOS ELEMENTOS')
    WRITE(5,2000)
    WRITE(5,305)
305 FORMAT(/32X,'ELEM',8X,'XJ',8X,'YJ',8X,'XK',8X,'YK')
    WRITE(5,310)(K,XJ(K),YJ(K),XK(K),YK(K),K=1,NEA)
310 FORMAT(/31X,I5,2X,4F10.3)
    K1=1
    WRITE(10*K1)(JJ(K),JK(K),K=1,NEA)
C**** GERACAO E ARMAZENAMENTO DAS INCIDENCIAS DOS DEMAIS ELEMENTOS
    DO 130 I=2,NA
    DO 132 J=1,NEA
    JJ(J)=JJ(J)+NN
132 JK(J)=JK(J)+NN
    K1=I
130 WRITE(10*K1)(JJ(K),JK(K),K=1,NEA)
    READ(8,133)(ILV(I),ILC(I),I=1,NA)
133 FORMAT(16I5)
    WRITE(5,2000)
    WRITE(5,400)
400 FORMAT(/35X,'INCIDENCIAS E PROPRIEDADES DOS ELEMENTOS')
    WRITE(5,2000)
    IRA=0
C**** FORMACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DA ESTRUTURA
    DO 200 IC=1,NA
    IF(NAE)272,272,273
273 IRA=IRA+1
    IF(IRA-2)270,270,275
275 IRA=1

```



```

270 IA3=3*IRA*(NN+1)
    IA1=IA3-1
    IA2=IA3-2
    R(IA2,1)=R(IA2,1)+RAE(IC,1)
    R(IA1,1)=R(IA1,1)+RAE(IC,2)
    R(IA3,1)=R(IA3,1)+YJE*YJE*RAE(IC,1)+XJE*XJE*RAE(IC,2)+RAE(IC,3)
    R(IA2,3)=R(IA2,3)-RAE(IC,1)*YJE
    R(IA1,2)=R(IA1,2)+RAE(IC,2)*XJE
272 WRITE(5,2000)
2000 FORMAT(/30X,50('.'))
    WRITE(5,905)IC
905 FORMAT(/50X,'ANDAR NO',I3)
    WRITE(5,2000)
    WRITE(5,2000)
    WRITE(5,902)
902 FORMAT(/52X,'VIGAS')
    WRITE(5,2000)
    WRITE(5,900)
900 FORMAT(/1X,'ELEM',3X,'JJ',3X,'JK',10X,'MIX',12X,'MIY',10X,'TRJ',
*10X,'TRK',10X,'TIJ',10X,'TIK',10X,'COMP')
    K1=IC
    READ(10,K1)(JJ(K),JK(K),K=1,NEA)
    IRV=IRV+1
    IF(IRV-2)7,7,8
8 IRV=1
C**** LEITURA DE DADOS RELATIVOS AOS ELEMENTOS
7 ILI=ILV(IC)
    IF(ILI)134,134,136
136 READ(8,9)(NV,MIX(NV),MIY(NV),MIZ(NV),AZ(NV),ACX(NV),ACY(NV),K=1,
*ILI)
9 FORMAT(15,6F10.0)
134 ILI=ILC(IC)
    IF(ILI)140,140,142
142 READ(8,143)(NC,MIX(NC),MIY(NC),MIZ(NC),AZ(NC),ALFA(NC),ACX(NC),ACY
*(NC),K=1,ILI)
143 FORMAT(15,7F10.0)
140 IF(IPC)146,146,147
147 K6=IC
    WRITE(14,K6)(AZ(K),K=NC1,NEA)
146 K7=IC
    WRITE(16,K7)(MIZ(K),AZ(K),ACX(K),ACY(K),K=1,NVA)
C**** FORMACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DE VIGA E ESPALHAMENTO DOS SEUS
C**** COEFICIENTES NA MATRIZ DE RIGIDEZ GLOBAL
DO 95 NV=1,NVA
    XJN=XK(NV)-XJ(NV)
    YJN=YK(NV)-YJ(NV)
    MIXC=MIX(NV)
    MIYC=MIY(NV)
    LM=SQRT(XJN**2+YJN**2)
    SENFI=YJN/LM

```

```

COSFI=XJN/LM
TRJ=MIZ(NV)
TRK=AZ(NV)
TIJ=ACX(NV)
TIK=ACY(NV)
WRITE(5,10)NV,JJ(NV),JK(NV),MIX(NV),MIY(NV),MIZ(NV),AZ(NV),ACX(NV)
*,ACY(NV),LM
10 FORMAT(/1X,I4,2I5,2F15.7,5F13.3)
CALL VIGA(LM,MIXC,MIYC,E,G,COSFI,SEFI,RMDV,TRJ,TRK,TIJ,TIK)
IF(IC-2)12,12,13
13 IF(IRV-1)14,14,15
14 JJ(NV)=JJ(NV)-NN*(IC-1)
   JK(NV)=JK(NV)-NN*(IC-1)
   GO TO 12
15 JJ(NV)=JJ(NV)-NN*(IC-2)
   JK(NV)=JK(NV)-NN*(IC-2)
12 JI(1)=3*(JJ(NV)+IRV-1)-2
   JI(4)=3*(JK(NV)+IRV-1)-2
   DO 96 J=2,3
     JI(J)=JI(J-1)+1
96  JI(J+3)=JI(J+2)+1
     DO 16 K=1,6
       J=JI(K)
       DO 16 I=K,6
         JL=JI(I)
         ICOL=JL-J+1
16  R(J,ICOL)=R(J,ICOL)+RMDV(K,I)
95  CONTINUE
C**** FORMACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO PILAR E ESPALHAM5NTO DOS SEUS
C**** COEFICIENTES NA MATRIZ DE RIGIDEZ GLOBAL
IRP=IRP+1
IF(IRP-2)17,17,18
18 IRP=1
17 CONTINUE
WRITE(5,2000)
WRITE(5,910)
910 FORMAT(/51X,'PILARES')
WRITE(5,2000)
WRITE(5,915)
915 FORMAT(/1X,'ELEM',3X,'JJ',3X,'JK',10X,'MIX',12X,'MIY',12X,'MIZ',
*,10X,'AREA',10X,'ACX',10X,'ACY',8X,'ALFA')
WRITE(5,23)(NC,JJ(NC),JK(NC),MIX(NC),MIY(NC),MIZ(NC),AZ(NC),ACX(NC)
*,ACY(NC),ALFA(NC),NC=NC1,NEA)
23 FORMAT(/1X,I4,2I5,3F15.7,F12.5,5X,3F12.5)
II=0
24 DO 25 NC=NC1,NEA
   LM=H(IC)
   XJC=XJ(NC)
   YJC=YJ(NC)
   MIXC=MIX(NC)

```

```

MIYC=MIY(NC)
MIZC=MIZ(NC)
A=AZ(NC)
ASX=ACX(NC)
ASY=ACY(NC)
FI=ALFA(NC)
COSFI=COS(FI)
SENF1=SIN(FI)
IF(II)150,150,155
150 IDI=0
GO TO 160
155 IDI=1
160 CALL PILAR(LM,XJC,YJC,MIXC,MIYC,MIZC,E,G,A,ASX,ASY,RMDC,COSFI,
*SENF1,IDI)
IF(II)32,32,33
33 JK(NC)=JK(NC)-2*NN
JI(4)=3*JK(NC)-2
JI(10)=3*(NN+1)-2
DO 97 J=5,6
JI(J)=JI(J-1)+1
97 JI(J+6)=JI(J+5)+1
GO TO 53
32 IF(IC-2)34,34,35
35 IF(IRP-1)36,36,37
37 JJ(NC)=JJ(NC)-NN*(IC-2)
JK(NC)=JK(NC)-NN*(IC-2)
GO TO 34
36 JJ(NC)=JJ(NC)-NN*(IC-1)
JK(NC)=JK(NC)-NN*(IC-1)
34 JI(1)=3*(JJ(NC)+IRP-1)-2
JI(4)=3*(JK(NC)+IRP)-2
JI(7)=3*IRP*(NN+1)-2
JI(10)=3*(IRP+1)*(NN+1)-2
DO 98 J=2,3
JI(J)=JI(J-1)+1
JI(J+3)=JI(J+2)+1
JI(J+6)=JI(J+5)+1
98 JI(J+9)=JI(J+8)+1
DO 38 K=1,6
IF(K-3)39,39,40
39 J=JI(K)
KI=K
GO TO 41
40 J=JI(K+3)
KI=K+3
41 DO 38 I=K,6
IF(I-3)42,42,43
42 JL=JI(I)
IK=I
GO TO 44

```

```

43 JL=JI(I+3)
   IK=I+3
44 ICOL=JL-J+1
38 R(J,ICOL)=R(J,ICOL)+RMDC(KI,IK)
   IF(IC-NA)45,25,25
45 DO 46 K=1,6
   IF(K-3)47,47,48
47 KI=K
   J=JI(K)
   GO TO 49
48 KI=K+3
   J=JI(K+3)
49 DO 46 I=4,9
   IF(I-6)50,50,51
50 IK=I
   JL=JI(I)
   GO TO 52
51 IK=I+3
   JL=JI(I+3)
52 ICOL=JL-J+1
46 R(J,ICOL)=R(J,ICOL)+RMDC(KI,IK)
   IP=IC/2
   IF(IC-2*IP)25,25,53
53 DO 55 K=4,9
   IF(K-6)56,56,57
56 KI=K
   J=JI(K)
   GO TO 58
57 KI=K+3
   J=JI(K+3)
58 DO 55 I=K,9
   IF(I-6)59,59,60
59 IK=I
   JL=JI(I)
   GO TO 61
60 IK=I+3
   JL=JI(I+3)
61 ICOL=JL-J+1
55 R(J,ICOL)=R(J,ICOL)+RMDC(KI,IK)
25 CONTINUE
   IF(IC-NA)65,80,65
65 IP=IC/2
   IF(IC-2*IP)75,75,6
75 IF(II)70,70,6
70 NO=0
   LLI=6*(NN+1)
   IB=IB+1
   GO TO 85
80 NO=1
   IB=IB+1

```

```
      LLI=NEQ-LL*(IB-1)
C**** TRIANGULARIZACAO DO BLOCO FORMADO
      85 CALL TRIAG(NO,IB,LF,LLI,LL,R)
      IF(IC-NA)90,6,90
      90 II=1
      GO TO 24
      6 CONTINUE
      200 CONTINUE
      RETURN
      END

/*
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON(MARIG),DISP=NEW,UNIT=2314,
// VOL=SER=LIX001,SPACE=(1024,(40,10,10)),LABEL=RETPD=60
```

```
//STEP2 EXEC FORTGCL
```

```
//SYSIN DD *
```

```
      SUBROUTINE VIGA(L,IX,IY,E,G,COSFI,SENF, RMV,A,B,C,D)
```

```
C .....
C**** ESTA SUBROTINA FORMA A MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO VIGA NOS
```

```
C**** SISTEMAS LOCAL E GLOBAL
```

```
C.....
      REAL L,IX,IY,MIZ(90)
```

```
      DIMENSION RMV(6,6),RMR(6,6),T(6,6)
```

```
      COMMON /AO/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
      *(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
      *K3,K4,K5,K6,K7
```

```
      DO 1 I=1,6
```

```
      DO 1 J=1,6
```

```
1 RMV(I,J)=0.
```

```
C**** MONTAGEM DA MATRIZ DE RIGIDEZ DE VIGA
```

```
      L=L-A-B
```

```
      RMV(1,1)=G*IX/L
```

```
      RMV(1,4)=-RMV(1,1)
```

```
      RMV(2,2)=4.*E*IY/L
```

```
      RMV(2,3)=-6.*E*IY/L**2
```

```
      RMV(2,5)=2.*E*IY/L
```

```
      RMV(2,6)=-RMV(2,3)
```

```
      RMV(3,3)=12.*E*IY/L**3
```

```
      RMV(3,5)=RMV(2,3)
```

```
      RMV(3,6)=-RMV(3,3)
```

```
      RMV(4,4)=RMV(1,1)
```

```
      RMV(5,5)=RMV(2,2)
```

```
      RMV(5,6)=RMV(2,6)
```

```
      RMV(6,6)=RMV(3,3)
```

```
      DO 6 I=1,6
```

```
      DO 6 J=1,6
```

```
6 RMV(J,I)=RMV(I,J)
```

```
C**** FORMACAO DA MATRIZ T=TJK*TIAB
```

```
      DO 10 I=1,6
```

```
      DO 10 J=1,6
```

```
10 T(I,J)=0.
```

```
      DO 15 I=1,6
```

```
15 T(I,I)=1.
```

```
      T(3,1)=-C
```

```
      T(3,2)=-A
```

```
      T(6,4)=-D
```

```
      T(6,5)=B
```

```
C**** PRODUTO RMR=RMV*T
```

```
      DO 20 J=1,6
```

```
      DO 20 I=1,6
```

```
      RMR(I,J)=0.
```

```
      DO 20 K=1,6
```

```
20 RMR(I,J)=RMR(I,J)+RMV(I,K)*T(K,J)
```

```
C**** PRODUTO RMV=RMR*R
```

96.

```

DO 25 K=1,2
  I1=3*K-2
  I2=3*K-1
  I3=3*K
DO 25 J=1,6
  RMV(J,I1)=RMR(J,I1)*COSFI-RMR(J,I2)*SENF
  RMV(J,I2)=RMR(J,I1)*SENF+RMR(J,I2)*COSFI
25 RMV(J,I3)=RMR(J,I3)
  WRITE(15,'K5)RMV
C**** PRODUTO RMR=TT*RMV
DO 30 J=1,6
DO 30 I=1,6
  RMR(I,J)=0.
DO 30 K=1,6
30 RMR(I,J)=RMR(I,J)+T(K,I)*RMV(K,J)
C**** PRODUTO RMV=RT*RMR
DO 35 J=1,2
  I1=3*J-2
  I2=3*J-1
  I3=3*J
DO 35 K=1,6
  RMV(I1,K)=COSFI*RMR(I1,K)-SENF*RMR(I2,K)
  RMV(I2,K)=SENF*RMR(I1,K)+COSFI*RMR(I2,K)
35 RMV(I3,K)=RMR(I3,K)
  RETURN
END
/*
//LKED.SYSMOD DD DSN=ANTON(VIGA),DISP=OLD,UNIT=2314,
// VOL=SER=LIX001

```

```

//STEP3 EXEC FORTGCL
//SYSIN DD *
  SUBROUTINE PILAR(L,XJC,YJC,IX,IY,IZ,E,G,A,ASX,ASY,RMC,COSFI,SEFI,
  *IDI)
C .....
C**** ESTA SUBROTINA FORMA A MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO PILAR NOS
C**** SISTEMAS LOCAL E GLOBAL
C .....
  REAL L,IX,IY,IZ,MIZ(90)
  DIMENSION RMC(12,12),RMT(12,12)
  COMMON /AO/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
  *(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
  *K3,K4,K5,K6,K7
C**** FORMACAO DA MATRIZ DE          RIGIDEZ
  DO 1 I=1,12
  DO 1 J=1,12
1  RMC(I,J)=0.
  IF(ASX)4,4,6
4  FIY=0.
  FIX=0.
  GO TO 7
6  FIY=12.*E*IX/(G*ASY*L**2)
  FIX=12.*E*IY/(G*ASX*L**2)
7  RMC(1,1)=(4.+FIY)*E*IX/(L*(1.+FIY))
  RMC(2,2)=(4.+FIX)*E*IY/(L*(1.+FIX))
  RMC(3,3)=E*A/L
  RMC(4,4)=RMC(1,1)
  RMC(5,5)=RMC(2,2)
  RMC(6,6)=RMC(3,3)
  RMC(1,4)=(2.-FIY)*E*IX/(L*(1.+FIY))
  RMC(2,5)=(2.-FIX)*E*IY/(L*(1.+FIX))
  RMC(3,6)=-E*A/L
  RMC(1,8)=6.*E*IX/(L**2*(1.+FIY))
  RMC(2,7)=-6.*E*IY/(L**2*(1.+FIX))
  RMC(4,8)=RMC(1,8)
  RMC(5,7)=RMC(2,7)
  RMC(7,7)=12.*E*IY/(L**3*(1.+FIX))
  RMC(8,8)=12.*E*IX/(L**3*(1.+FIY))
  RMC(9,9)=G*IZ/L
  RMC(1,11)=-RMC(1,8)
  RMC(2,10)=-RMC(2,7)
  RMC(4,11)=RMC(1,11)
  RMC(5,10)=RMC(2,10)
  RMC(7,10)=-RMC(7,7)
  RMC(8,11)=-RMC(8,8)
  RMC(9,12)=-RMC(9,9)
  RMC(10,10)=RMC(7,7)
  RMC(11,11)=RMC(8,8)
  RMC(12,12)=RMC(9,9)
  DO 2 I=1,12

```



```

DO 2 J=1,12
2 RMC(J,I)=RMC(I,J)
C**** PRODUTO RMT=RMC*R
DO 10 K=1,4
I1=3*K-2
I2=3*K-1
I3=3*K
DO 10 J=1,12
RMT(J,I1)=RMC(J,I1)*COSFI-RMC(J,I2)*SENF I
RMT(J,I2)=RMC(J,I1)*SENF I+RMC(J,I2)*COSFI
10 RMT(J,I3)=RMC(J,I3)
C**** PRODUTO RMC=RMT*T
DO 15 J=1,12
DO 15 K=1,6
15 RMC(J,K)=RMT(J,K)
DO 20 K=3,4
I1=3*K-2
I2=3*K-1
I3=3*K
DO 20 J=1,12
RMC(J,I1)=RMT(J,I1)
RMC(J,I2)=RMT(J,I2)
20 RMC(J,I3)=-RMT(J,I1)*YJC+RMT(J,I2)*XJC+RMT(J,I3)
C**** ARMAZENAMENTO DA MATRIZ RMC
IF(IDI)21,21,22
21 WRITE(11,K2)RMC
C**** PRODUTO RMT=RT*RMC
22 DO 25 J=1,4
I1=3*J-2
I2=3*J-1
I3=3*J
DO 25 K=1,12
RMT(I1,K)=COSFI*RMC(I1,K)-SENF I*RMC(I2,K)
RMT(I2,K)=SENF I*RMC(I1,K)+COSFI*RMC(I2,K)
25 RMT(I3,K)=RMC(I3,K)
C**** PRODUTO RMC=TT*RMT
DO 30 K=1,12
DO 30 J=1,6
30 RMC(J,K)=RMT(J,K)
DO 35 J=7,10,3
DO 35 K=1,12
35 RMC(J,K)=RMT(J,K)
DO 40 J=8,11,3
DO 40 K=1,12
40 RMC(J,K)=RMT(J,K)
DO 45 J=9,12,3
I1=J-2
I2=J-1
DO 45 K=1,12
45 RMC(J,K)=-YJC*RMT(I1,K)+XJC*RMT(I2,K)+RMT(J,K)

```

RETURN  
END

/\*  
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON(PILAR),DISP=OLD,UNIT=2314,  
// VOL=SER=LIX001

```
//STEP4 EXEC FORTGCL
```

```
//SYSIN DD *
```

```
  SUBROUTINE TRIAG(NO,IC,LF,LLI,LL,RE)
```

```
C .....
C**** ESTA SUBROTINA TRIANGULARIZA A MATRIZ DE RIGIDEZ E CALCULA A INFLU-
C**** ENCIA DE CADA BLOCO SOBRE O SEGUINTE
C .....
```

```
  REAL MIZ(90)
```

```
  DIMENSION RE(156,156)
```

```
  COMMON /AD/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
  *(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
  *K3,K4,K5,K6,K7
```

```
  K4=LL*LF/156*(IC-1)+IC
```

```
  DO 21 I=1,LLI
```

```
  DO 21 J=1,LF
```

```
  IQ=LF-J
```

```
  IF(I-1-IQ)5,6,6
```

```
5  IQ=I-1
```

```
6  SOMA=0.
```

```
  IF(IQ-1)12,8,8
```

```
8  DO 11 K=1,IQ
```

```
  IA=I-K
```

```
  JA=J+K
```

```
11 SOMA=SOMA+RE(IA,K+1)*RE(IA,JA)
```

```
12 IF(J-1)20,13,20
```

```
13 SOMA=RE(I,1)-SOMA
```

```
  IF(SOMA)15,15,18
```

```
15 WRITE(5,16)I,J,SOMA
```

```
16 FORMAT(//,5X,'SUBROTINA NAO ADEQUADA PARA A RESOLUCAO DO SISTEMA
```

```
* PARE      I=',I3,'      J=',I3,'      SOMA=',F10.4)
```

```
  STOP
```

```
18 RE(I,1)=SQRT(SOMA)
```

```
  GO TO 21
```

```
20 RE(I,J)=(RE(I,J)-SOMA)/RE(I,1)
```

```
21 CONTINUE
```

```
  IF(NO-IC)23,44,23
```

```
23 WRITE(13,K4)((RE(I,J),I=1,LLI),J=1,LF)
```

```
  IF(NO-1)46,44,46
```

```
46 DO 36 I=1,LLI
```

```
  DO 36 J=1,LF
```

```
  IF(I-LF+1)28,28,38
```

```
28 IF(J-LF+I)29,29,38
```

```
29 IQ=LLI+J+I-LF
```

```
  SOMA=0.
```

```
  DO 34 K=IQ,LLI
```

```
  IA=LLI+I-K+1
```

```
  JA=LLI+J+I-K
```

```
34 SOMA=SOMA+RE(K,IA)*RE(K,JA)
```

```
  RE(I,J)=-SOMA
```

```
  GO TO 36
```

```
38 RE(I,J)=0.  
36 CONTINUE  
44 RETURN  
END
```

```
/*
```

```
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON( TRIAG), DISP=OLD, UNIT=2314,  
// VOL=SER=LIX001
```

102:  
//STEP5 EXEC FORTGCL

//SYSIN DD \*

SUBROUTINE SOLEQ(ICS,LF,LL,NEQ,RE,V)

```

C .....
C**** ESTA SUBROTINA RESOLVE O SISTEMA DE EQUACOES
C .....
REAL MIZ(90)
DIMENSION RE(156,156),V(4000)
COMMON /AO/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
*(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
*K3,K4,K5,K6,K7
DO 34 IC=1,ICS
  IF(IC-ICS)8,5,5
5  LLI=NEQ-(IC-1)*LL
  IF(ICS-1)9,11,9
8  LLI=LL
9  K4=LL*LF/156*(IC-1)+IC
  READ(13,K4)((RE(I,J),I=1,LLI),J=1,LF)
11 DO 23 I=1,LLI
  J=I-LF+1
  IF(I+1-LF)14,14,15
14 J=1
15 SOMA=0.
  I1=I-1
  IF(J-I1)18,18,22
18 DO 21 K=J,I1
  KA=I-K+1
  KB=K+(IC-1)*LL
21 SOMA=SOMA+RE(K,KA)*V(KB)
22 I2=I+(IC-1)*LL
23 V(I2)=(V(I2)-SOMA)/RE(I,1)
  IF(IC-ICS)25,34,34
25 LS=LF-1
  DO 33 I=1,LS
  K9=LL+I-LF+1
  I2=IC*LL+I
  DO 33 K=K9,LL
  KA=LL+I-K+1
  KB=K+(IC-1)*LL
  IF(I2-NEQ)33,33,34
33 V(I2)=V(I2)-RE(K,KA)*V(KB)
34 CONTINUE
  DO 60 I2=1,ICS
  IC=ICS-I2+1
  IF(ICS-IC)38,38,41
38 LLI=NEQ-(IC-1)*LL
  IF(ICS-1)39,44,39
39 IF(IC-ICS)41,44,41
41 LLI=LL
  K4=LL*LF/156*(IC-1)+IC

```

```

      READ(13,K4)((RE(I,J),I=1,LLI),J=1,LF)
44 DO 59 IA=1,LLI
      I=LLI-IA+1
      J=I+LF-1
      KAA=I+(IC-1)*LL
      SOMA=V(KAA)
      I1=I+1
      IF(I1-J)55,55,59
55 DO 58 K=I1,J
      KB=K+(IC-1)*LL
      IF(KB-NEQ)68,68,59
68 KA=K-I+1
58 SOMA=SOMA-RE(I,KA)*V(KB)
59 V(KAA)=SOMA/RE(I,1)
60 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

/*

```

```

//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON(SOLEQ),DISP=OLD,UNIT=2314,
// VOL=SER=LIX001

```

//STEP6 EXEC FORTGCL

//SYSIN DD \*

SUBROUTINE VETCA(NA,NP,NN,NVA,C,V,E,GAMA,NCRE)

```

C      ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
C**** ESTA SUBROTINA FORMA O VETOR DE CARGA DA ESTRUTURA
C      .....
REAL LM,MIZ(90)
DIMENSION V(4000),CA(6),CB(6),C(90,12)
COMMON /AO/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
*(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
*K3,K4,K5,K6,K7
DO 2 I=1,NA
2 NVCA(I)=0
DO 4 I=1,NP
4 VAR(I)=0.
NEA=NP+NVA
DO 3 I=1,NEA
DO 3 J=1,12
3 C(I,J)=0.
NGL=3*NA*(NN+1)
DO 10 I=1,NGL
10 V(I)=0.
C**** LEITURA DE DADOS RELATIVOS AOS CARREGAMENTOS
READ(8,5)NNC,NAC,NVC,NCRE,IPC
5 FORMAT(5I5)
WRITE(5,7)NNC,NAC,NVC,NCRE,IPC
7 FORMAT(/35X,'NUMERO DE NOS COM CARGA=',I9,/35X,'NUMERO DE ANDARES
*COM CARGA=',I6,/35X,'INDICE DE VIGAS COM CARGA=',I7,/35X,'NUMERO D
*e PILARES COM RECALQUE=',I2,/35X,'INDICE DE PESO DE PILAR=',I9)
IF(NNC)20,20,25
25 WRITE(5,6)
6 FORMAT(/40X,'CARGAS NODAIS')
WRITE(5,1)
1 FORMAT(/23X,'NO',5X,'MOMENTO X',7X,'MOMENTO Y',11X,'FORCA Z')
C**** LEITURA DAS CARGAS NODAIS
DO 30 I=1,NNC
READ(8,35)NO,(CA(J),J=1,3)
35 FORMAT(I5,3F10.0)
WRITE(5,33)NO,(CA(J),J=1,3)
33 FORMAT(/17X,I8,2F16.2,F16.2)
IA=(NO-1)/NN+1
JO=3*(NO+IA-1)
DO 30 J=1,3
K=JO+J-3
30 V(K)=CA(J)
20 IF(NAC)45,45,50
50 WRITE(5,8)
8 FORMAT(/37X,'CARGAS DE ANDAR')
WRITE(5,61)
61 FORMAT(/20X,'ANDAR',5X,'FORCA X',5X,'FORCA Y',5X,'MOMENTO Z')

```

```

C**** LEITURA DAS CARGAS DE ANDAR
DO 55 I=1,NAC
  READ(8,35)IA,(CA(J),J=1,3)
  WRITE(5,62)IA,(CA(J),J=1,3)
62  FORMAT(/17X,I8,2F12.2,F14.2)
  NP1=3*IA*(NN+1)
  DO 55 J=1,3
    K=NP1+J-3
55  V(K)=CA(J)
45  IF(NVC)75,75,80
80  READ(8,82)(NVCA(K),K=1,NA)
82  FORMAT(10I5)
  WRITE(5,72)
72  FORMAT(/36X,'NUMERO DE VIGAS COM CARGA EM CADA ANDAR')
  WRITE(5,71)
71  FORMAT(/35X,'ANDAR',7X,'NVC',10X,'ANDAR',7X,'NVC')
  WRITE(5,73)(K,NVCA(K),K=1,NA)
73  FORMAT(I40,I10,I15,I9)
  DO 85 I=1,NA
C**** LEITURA DAS CARGAS DAS VIGAS
DO 90 J=1,NVA
  DO 90 K=1,6
90  C(J,K)=0.
  NJ=NVCA(I)
  IF(NJ)85,85,100
100 READ(8,106)NLD,NCON,NLIN
106 FORMAT(3I5)
  WRITE(5,156)I
156 FORMAT(/45X,'ANDAR NO',I3)
  WRITE(5,101)NLD,NCON,NLIN
101 FORMAT(/35X,'NUMERO DE LEITURAS DIRETAS DOS MEP=',I5,/35X,'NUMERO
  *DE CALCULOS DOS MEP POR CACON=',I3,/35X,'NUMERO DE CALCULOS DOS ME
  *P POR VARLI',I4)
  K7=I
  READ(16,K7)(MIZ(K),AZ(K),ACX(K),ACY(K),K=1,NVA)
  IF(NLD)140,140,145
145 WRITE(5,102)
102 FORMAT(/28X,'ESFORCOS DE ENGASTAMENTO PERFEITO ')
  WRITE(5,146)
146 FORMAT(/16X,'VIGA',5X,'M1X',7X,'M2Y',7X,'F3Z',7X,'M4X',7X,'M5Y',7X
  *, 'F6Z')
  DO 150 J=1,NLD
  READ(8,155)NV,(CA(K),K=1,6)
155 FORMAT(15,6F10.0)
  WRITE(5,147)NV,(CA(K),K=1,6)
147 FORMAT(/16X,I4,6F10.2)
  DO 150 K=1,6
150 C(NV,K)=C(NV,K)+CA(K)
140 IF(NCON)170,170,175
175 WRITE(5,177)

```



```

177 FORMAT(/ /35X,'CARGAS CONCENTRADAS NAS VIGAS')
    WRITE(5,148)
148 FORMAT(/1X,'VIGA',5X,'NCC',7X,'P1',7X,'A1',7X,'P2',7X,'A2',7X,'P3',
    *,7X,'A3',7X,'P4',7X,'A4',7X,'P5',7X,'A5')
    DO 180 J=1,NCON
    READ(8,185)NV,NCC
185 FORMAT(2I5)
    XJN=XK(NV)-XJ(NV)
    YJN=YK(NV)-YJ(NV)
    LM=SQRT(XJN**2+YJN**2)
    A2=MIZ(NV)
    B2=AZ(NV)
    CALL CACON(CA,NCC,LM,NV,A2,B2)
    DO 180 K=1,6
180 C(NV,K)=C(NV,K)+CA(K)
170 IF(NLIN)195,195,200
200 WRITE(5,201)
201 FORMAT(/ /35X,'CARGAS DISTRIBUIDAS NAS VIGAS')
    WRITE(5,211)
211 FORMAT(/1X,'VIGA',4X,'PZ1',6X,'PZ2',6X,'DA1',6X,'DB1',6X,'PZ1',6X,
    *,'PZ2',6X,'DA1',6X,'DB1',6X,'PZ1',6X,'PZ2',6X,'DA1',6X,'DB1')
    DO 205 J=1,NLIN
    READ(8,185)NV,NCC
    XJN=XK(NV)-XJ(NV)
    YJN=YK(NV)-YJ(NV)
    LM=SQRT(XJN**2+YJN**2)
    A2=MIZ(NV)
    B2=AZ(NV)
    CALL VARLI(NV,LM,NCC,CA,A2,B2)
    DO 205 K=1,6
205 C(NV,K)=C(NV,K)+CA(K)
195 K1=I
    READ(10*K1)(JJ(K),JK(K),K=1,NEA)
    DO 115 KI=1,NVA
    JJI=JJ(KI)+I-1
    JKI=JK(KI)+I-1
    XJN=XK(KI)-XJ(KI)
    YJN=YK(KI)-YJ(KI)
    LM=SQRT(XJN**2+YJN**2)
    COSFI=XJN/LM
    SENFI=YJN/LM
    A1=MIZ(KI)
    B1=AZ(KI)
    C1=ACX(KI)
    D1=ACY(KI)
    DO 142 J=1,6
142 CA(J)=-C(KI,J)
    CB(1)=COSFI*(CA(1)-C1*CA(3))-SENF1*(CA(2)-A1*CA(3))
    CB(2)=SENF1*(CA(1)-C1*CA(3))+COSFI*(CA(2)-A1*CA(3))
    CB(3)=CA(3)

```

```

CB(4)=COSFI*(CA(4)-D1*CA(6))-SEFI*(CA(5)+B1*CA(6))
CB(5)=SEFI*(CA(4)-D1*CA(6))+COSFI*(CA(5)+B1*CA(6))
CB(6)=CA(6)
DO 115 J=1,3
K=3*JJI+J-3
V(K)=V(K)+CB(J)
K=3*JKI+J-3
115 V(K)=V(K)+CB(J+3)
K3=I
WRITE(12,K3)((C(J,K),K=1,6),J=1,NVA)
IF(IPC)85,85,87
87 K6=I
C**** FORMACAO DO VETOR DE CARGAS DEVIDO AO PESO PROPRIO DOS PILARES
READ(14,K6)(AZ(K),K=NC1,NEA)
NC1=NVA+1
DO 88 J=NC1,NEA
JO=3*(JJ(J)+I-1)
88 V(JO)=V(JO)-GAMA*AZ(J)*H(I)
85 CONTINUE
75 CONTINUE
IF(NCRE)300,300,310
310 NJ=NVCA(NA)
IF(NJ)400,400,410
400 K1=NA
READ(10,K1)(JJ(K),JK(K),K=1,NEA)
410 WRITE(5,401)
401 FORMAT(/40X,'PILAR',5X,'RECALQUE')
C**** FORMACAO DO VETOR DE CARGAS DEVIDO A RECALQUE VERTICAL DE APOIO
DO 315 I=1,NCRE
READ(8,320)NC,VREC
320 FORMAT(I5,F10.0)
WRITE(5,402)NC,VREC
402 FORMAT(I45,F13.3)
JJJ=JJ(NC)
JO=3*(JJJ+NA-1)
V(JO)=V(JO)-E*AZ(NC)*VREC/H(NA)
JO=NC-NVA
315 VAR(JO)=E*AZ(NC)*VREC/H(NA)
300 RETURN
END
/*
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON(VETCA),DISP=OLD,UNIT=2314,
// VOL=SER=LIX001

```

```

//STEP7 EXEC FORTGCL
//SYSIN DD *
      SUBROUTINE CAEME(NA,NP,NN,NVA,C,V,NCRE)
C .....
C**** ESTA SUBROTINA CALCULA OS ESFORCOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS
C .....
      REAL MIZ(90)
      DIMENSION C(90,12),V(4000),SM(12,12),SN(6,6),RML(12),D(12)
      COMMON /AO/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
      *(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
      *K3,K4,K5,K6,K7
      WRITE(5,2000)
      WRITE(5,2)
2  FORMAT(/30X,'ESFORCOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS')
      WRITE(5,2000)
      K5=1
      K2=1
      NEA=NP+NVA
      NC1=NVA+1
      DO 1 I=1,NA
      WRITE(5,2000)
2000 FORMAT(/25X,50('.'))
      WRITE(5,4)I
      4  FORMAT(/45X,'ANDAR NO',I3)
      WRITE(5,2000)
      WRITE(5,3)
      3  FORMAT(/6X,'ELEM',6X,'MX1',6X,'MY2',6X,'FZ3',6X,'MX4',6X,'MY5',6X
      *, 'FZ6',6X,'FX7',6X,'FY8',6X,'MZ9',5X,'FX10',5X,'FY11',5X,'MZ12')
      K1=I
C**** LEITURA DAS INCIDENCIAS DOS ELEMENTOS
      READ(10,K1)(JJ(K),JK(K),K=1,NEA)
      NJ=NVCA(I)
      IF(NJ)20,20,15
C**** LEITURA DOS ESFORCOS DE ENGASTAMENTO PERFEITO
      15 K3=I
      READ(12,K3)((C(J,K),K=1,6),J=1,NVA)
      20 DO 10 J=1,NEA
      DO 35 K=1,12
      35 D(K)=0.
      JL=JJ(J)
      JM=JK(J)
      IF(J-NVA)45,45,50
C**** FORMACAO DO VETOR DOS DESLOCAMENTOS PARA AS VIGAS
      45 DO 40 K=1,3
      IJ=3*JL+K-3+3*(I-1)
      D(K)=V(IJ)
      IJ=3*JM+K-3+3*(I-1)
      40 D(K+3)=V(IJ)
      GO TO 47
C**** FORMACAO DO VETOR DOS DESLOCAMENTOS PARA OS PILARES

```

```

50 DO 32 K=1,3
    IJ=3*JL+K-3+3*(I-1)
    D(K)=V(IJ)
    IJ=3*JM+K-3+3*I
32 D(K+3)=V(IJ)
    NI=3*I*(NN+1)
    NJ=3*(I+1)*(NN+1)
    DO 55 K=7,9
        IJ=NI+K-9
        D(K)=V(IJ)
        IJ=NJ+K-9
55 D(K+3)=V(IJ)
    IF(I-NA)60,65,65
65 DO 70 K=4,6
    D(K)=0.
70 D(K+6)=0.
C**** CALCULO DAS ACOES NAS EXTREMIDADES DOS PILARES
60 READ(11,K2)SM
    DO 75 K=1,12
        RML(K)=0.
    DO 75 N=1,12
75 RML(K)=RML(K)+SM(K,N)*D(N)
    DO 80 K=1,12
80 C(J,K)=RML(K)
    GO TO 10
C**** CALCULO DAS ACOES NAS EXTREMIDADES DAS VIGAS
47 READ(15,K5)SN
    DO 90 K=1,6
        RML(K)=0.
    DO 90 N=1,6
90 RML(K)=RML(K)+SN(K,N)*D(N)
    IF(NJ)100,100,110
100 DO 101 K=1,6
101 C(J,K)=RML(K)
    GO TO 10
110 DO 102 K=1,6
102 C(J,K)=C(J,K)+RML(K)
10 CONTINUE
    IF(I-NA)95,82,95
82 IF(NCRE)95,95,92
92 DO 93 J=NC1,NEA
    JO=J-NVA
    C(J,3)=C(J,3)+VAR(JO)
93 C(J,6)=C(J,6)-VAR(JO)
95 WRITE(5,115)(J,(C(J,K),K=1,6),J=1,NVA)
115 FORMAT(I10,6F9.2)
    WRITE(5,85)(J,(C(J,K),K=1,12),J=NC1,NEA)
85 FORMAT(I10,12F9.2)
1 CONTINUE
    WRITE(5,2000)

```

```

110.
WRITE(5,121)
121 FORMAT(/ /40X,'REACOES DE APOIO')
WRITE(5,2000)
WRITE(5,120)
120 FORMAT(/ /6X,'APOIO',10X,'RMX',12X,'RMY',12X,'RFZ',12X,'RFX',
*'RFY',12X,'RMZ')
NC=NVA
DO 400 I=1,NP
NC=NC+1
NO=JK(NC)
C**** IMPRESSAO DAS REACOES DE APOIO
WRITE(5,405)NO,(C(NC,J),J=4,6),(C(NC,K),K=10,12)
405 FORMAT(/ /10,3F15.3,3F15.3)
400 CONTINUE
IF(NAE)410,410,420
420 WRITE(5,2000)
WRITE(5,425)
WRITE(5,2000)
425 FORMAT(/ /35X,'REACOES DOS APOIOS ELASTICOS')
WRITE(5,430)
430 FORMAT(/ /26X,'ANDAR',11X,'AEX',11X,'AEY',11X,'AEZ')
DO 440 I=1,NA
DO 450 J=1,3
RA1=RAE(I,J)
IF(RA1-0.0001)450,450,470
450 CONTINUE
GO TO 440
470 ND1=3*I*(NN+1)
RA1=-RAE(I,1)*(V(ND1-2)-YJE*V(ND1))
RA2=-RAE(I,2)*(V(ND1-1)+XJE*V(ND1))
RA3=-RAE(I,3)*V(ND1)
WRITE(5,480)I,RA1,RA2,RA3
480 FORMAT(/ /26X,I4,3F15.3)
440 CONTINUE
410 RETURN
END

/*
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON(CAEME),DISP=OLD,UNIT=2314,
// VOL=SER=LIX001

```

```

//STEP8 EXEC FORTGCL
//SYSIN DD *
      SUBROUTINE CACON(MEP,NCC,LM,NV,A2,B2)
C .....
C**** ESTA SUBROTINA CALCULA OS ESFORÇOS DE ENGASTAMENTO PERFEITO NOS
C**** ELEMENTOS VIGA, DEVIDOS A CARGAS VERTICAIS CONCENTRADAS
C .....
      REAL MEP(6),LM
      DIMENSION P(5),A(5)
      READ(8,5)(P(I),A(I),I=1,NCC)
   5  FORMAT(8F10.0)
      WRITE(5,10)NV,NCC,(P(K),A(K),K=1,NCC)
  10  FORMAT(/1X,2I5,10F10.2)
      LM=LM-A2-B2
      DO 12 I=1,NCC
  12  A(K)=A(K)-A2
      DO 15 I=1,6
  15  MEP(I)=0.
      DO 20 I=1,NCC
      MEP(2)=MEP(2)+P(I)*A(I)*(LM-A(I))**2/LM**2
      MEP(5)=MEP(5)-P(I)*A(I)**2*(LM-A(I))/LM**2
      MEP(3)=MEP(3)-P(I)*(LM-A(I))**2*(LM+2.*A(I))/LM**3
  20  MEP(6)=MEP(6)-P(I)*A(I)**2*(3*LM-2.*A(I))/LM**3
      RETURN
      END
/*
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON(CACON),DISP=OLD,UNIT=2314,
// VOL=SER=LIX001

```

```
//STEP9 EXEC FORTGCL
```

```
//SYSIN DD *
```

```
  SUBROUTINE VARLI(NV,XL,NCC,MEP,A1,B1)
```

```

C .....
C**** ESTA SUBROTINA CALCULA OS ESFORÇOS DE ENGASTAMENTO PERFEITO NOS
C**** ELEMENTOS VIGA,DEVIDOS A CARGAS LINEARMENTE DISTRIBUIDAS
C .....
  REAL MEP(6)
  DIMENSION PZ1(5),PZ2(5),DA(5),DB(5)
  DO 10 K=1,6
10  MEP(K)=0.
  READ(8,20)(PZ1(J),PZ2(J),DA(J),DB(J),J=1,NCC)
20  FORMAT(4F10.0)
  WRITE(5,22)NV,(PZ1(J),PZ2(J),DA(J),DB(J),J=1,NCC)
22  FORMAT(/1X,I4,12F9.2)
  XL=XL-A1-B1
  DO 12 J=1,NCC
  DA(J)=DA(J)-A1
12  DB(J)=DB(J)-A1
  DO 15 J=1,NCC
  A=(DA(J)+DB(J))/2.
  B=XL-A
  A1=(DA(J)+2.*DB(J))/3.
  B1=XL-A1
  S=DB(J)-DA(J)
  TR3=-PZ1(J)*S*(12.*A*B**2+S**2*(XL-3.*B))/(12.*XL**2)
  TR6=PZ1(J)*S*(12.*A**2*B+S**2*(XL-3.*A))/(12.*XL**2)
  D=PZ2(J)-PZ1(J)
  X=S/3.
  TT3=-D*S*(10.*A1*B1**2-10.*XL*X**2+15.*A1*X**2-2.*X**3)/(20.*XL**2)
*)
  TT6=D*S*(10.*A1**2*B1-10.*XL*X**2+15.*B1*X**2+2.*X**3)/(20.*XL**2)
  MEP(2)=MEP(2)-TR3-TT3
  MEP(3)=MEP(3)-PZ1(J)*S*B/XL-D*S*B1/(2.*XL)+(TR3+TR6+TT3+TT6)/XL
  MEP(5)=MEP(5)-TR6-TT6
15  MEP(6)=MEP(6)-PZ1(J)*S*A/XL-D*S*A1/(2.*XL)-(TR3+TR6+TT3+TT6)/XL
  RETURN
  END

```

```
/*
```

```
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=ANTON(VARLI),DISP=OLD,UNIT=2314,
```

```
// VOL=SER=LIX001
```

```

//STEP10 EXEC FORTGCL,PARM.FORT='NAME=OSCAR',
// PARM.LKED='OVLY,XREF,LIST'
//SYSIN DD *
C*****PROGRAMA PRINCIPAL PARA CALCULO DOS ESFORÇOS EM ESTRUTURAS DE EDI
C FICIO SUBMETIDAS A CARGAS VERTICAIS ,HORIZONTAIS E RECALQUES DE
C APOIO
REAL MIZ(90)
DIMENSION R(156,156),V(4000),C(90,12),COM(18)
COMMON /AD/ XJ(90),YJ(90),XK(90),YK(90),VAR(30),AZ(90),ACX(90),ACY
*(90),MIZ,RAE(50,3),H(50),JJ(90),JK(90),NVCA(50),XJE,YJE,NAE,K1,K2,
*K3,K4,K5,K6,K7
DEFINE FILE 10(50,180,U,K1),11(1500,144,U,K2),12(50,1080,U,K3),
*13(3900,156,U,K4),14(50,30,U,K6),15(3500,36,U,K5),16(50,280,U,K7)
C*****IMPRESSAO DO CABECALHO
WRITE(5,5)
5 FORMAT(1H1,34X,'PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL',9X,'-',9X,'COPPE/UFR
*J',/35X,57(' - '),/35X,'ANALISE TRIDIMENSIONAL DE ESTRUTURAS DE EDIF
*ICIO',/35X,57(' - '),/35X,'PROGRAMA EDIFICIO',17X,'ANTONIO OSCAR DA
*FONTE',/35X,57(' - '))
C*****LEITURA E IMPRESSAO DOS DADOS GERAIS DA ESTRUTURA
READ(8,8)NPROB
WRITE(5,3)NPROB
3 FORMAT(/40X,'NUMERO DE ESTRUTURAS A SEREM ANALISADAS=',I3)
INP=0
70 INP=INP+1
READ(8,6)NE,(COM(J),J=1,18)
6 FORMAT(I5,18A4)
WRITE(5,7)(COM(J),J=1,18),NE
7 FORMAT(/45X,18A4,/48X,'ESTRUTURA NUMERO',I3)
READ(8,4)
4 FORMAT('
WRITE(5,4)
READ(8,1)NA,NN,NP,NVA,NH,E,G
1 FORMAT(5I5,2F10.0)
WRITE(5,2)NA,NN,NP,NVA,NH,E,G
2 FORMAT(/51X,'DADOS ESTRUTURAIS',9X,'-',/33X,I2,' ANDARES',I10,'
*NOS EM PLANTA',I10,'PILARES POR ANDAR',/33X,I2,' VIGAS POR ANDAR'
*,I10,' VARIACOES DE ALTURA DE PILAR',/33X,'MODULO DE ELASTICIDAD
*E LONGITUDINAL',F15.2,/33X,'MODULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL',
*F16.2)
READ(8,30)IPC,GAMA
30 FORMAT(I5,F10.0)
READ(8,8)IED
WRITE(5,35)IPC,GAMA
35 FORMAT(/33X,'INDICE DE PESO DE PILAR',I5,5X,'PESO ESPECIFICO',F10.
*.2)
C***** FORMACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DA ESTRUTURA
CALL MARIG(NA,NP,NN,NVA,NH,E,G,IPC,IB,R)
C***** FORMACAO DO VETOR DE CARGAS
READ(8,8)NCCA

```



```

8  FORMAT(I5)
   ICA=0
25  ICA=ICA+1
   WRITE(5,2000)
2000 FORMAT(/25X,50(' '))
   WRITE(5,40)ICA
40  FORMAT(/40X,'CARREGAMENTO NO',I3)
   WRITE(5,2000)
   CALL VETCA(NA,NP,NN,NVA,C,V,E,GAMA,NCRE)
   IF(NA-1)43,43,44
43  LL=3*(NN+1)
   LF=3*(NN+1)
   GO TO 46
44  LL=6*(NN+1)
   LF=6*(NN+1)
46  NEQ=3*NA*(NN+1)
C**** RESOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES
   CALL SOLEQ(IB,LF,LL,NEQ,R,V)
C**** IMPRESSAO DOS DESLOCAMENTOS
   IF(IED)51,51,14
14  WRITE(5,15)
15  FORMAT(/40X,'DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA')
   WRITE(5,2000)
   WRITE(5,16)
16  FORMAT(/40X,'1  DESLOCAMENTOS NODAIS')
   WRITE(5,2000)
   WRITE(5,17)
17  FORMAT(/13X,'NO',16X,'ROTAC X',18X,'ROTAC Y',18X,'TRANSL Z')
   DO 41 I=1,NA
   DO 41 J=1,NN
   NO=J+NN*(I-1)
   ND=NO+I-1
   WRITE(5,45)NO,V(3*ND-2),V(3*ND-1),V(3*ND)
45  FORMAT(/10X,I5,3E25.7)
41  CONTINUE
   WRITE(5,2000)
   WRITE(5,18)
18  FORMAT(/40X,'2  DESLOCAMENTOS DE ANDAR')
   WRITE(5,2000)
   WRITE(5,55)
55  FORMAT(/10X,'ANDAR',16X,'TRANSL X',18X,'TRANSL Y',18X,'ROTAC Z')
   DO 50 I=1,NA
   ND=3*I*(NN+1)
   WRITE(5,60)I,V(ND-2),V(ND-1),V(ND)
60  FORMAT(/10X,I5,3E25.7)
50  CONTINUE
C****CALCULO DAS ACOES NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS
51  CALL CAEME(NA,NP,NN,NVA,C,V,NCRE)
   IF(NCCA-ICA)10,10,25
10  IF(NPROB-INP)75,75,70

```

75 CALL EXIT  
END

/\*  
//LKED.SYSLIB DD DSNAME=SYS1.FORTLIB,DISP=SHR  
// DD DSN=ANTON,UNIT=2314,VOL=SER=LIX001,DISP=OLD  
//LKED.SYSLMOD DD DSNAME=EDIFICIO(AOCF),DISP=(NEW,KEEP,DELETE),  
// VOL=SER=LIX001,UNIT=2314,SPACE=(1024,(40,40,1)),LABEL=RETPD=60,  
// DCB=BLKSIZE=1024  
//LKED.SYSIN DD \*  
ENTRY OSCAR  
INSERT OSCAR  
INSERT AO  
OVERLAY UM  
INSERT MARIG  
OVERLAY DOIS  
INSERT PILAR  
OVERLAY TRES  
INSERT VIGA  
OVERLAY TRES  
INSERT TRIAG  
OVERLAY UM  
INSERT VETCA  
OVERLAY QUATRO  
INSERT VARLI  
OVERLAY QUATRO  
INSERT CACON  
OVERLAY UM  
INSERT SOLEQ  
OVERLAY UM  
INSERT CAEME

/\*

LIX001

116.

```

//DAFONTE JOB (8004,71170026),MSGLEVEL=(2,0),TIME=5,CLASS=A
//DAFONTE EXEC FORTNCE1
//FORT.SYSIN DD *
C**** PROGRAMA DADOSEDF
C**** ESTE PROGRAMA LISTA OS DADOS DO PROGRAMA EDIFICIO
      REAL MIX(90),MIY(90),MIZ(90)
      DIMENSION COM(18),NI(10),NF(10),HI(50),JJ(90),JK(90),XJ(90),YJ(90)
      *,YK(90),ILV(50),ILC(50),TRJ(90),TRK(90),TIJ(90),TIK(90),AZ(90),
      *ALFA(90),ACX(90),ACY(90),CA(6),NVCA(50),P(5),A(5),PZ1(5),PZ2(5),
      *DA(5),DB(5),XK(80),RAE(50,3)
      WRITE(5,5)
5  FORMAT(1H1,34X,'PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL',9X,'-',9X,'COPPE/UFR
      *J',/35X,57(' - '),/45X,'PROGRAMA PARA CONFERIR DADOS',/35X,57(' - '),/
      *45X,'ANTONIO OSCAR DA FONTE',/35X,57(' - '))
      READ(8,150)NPROB
      WRITE(5,7)NPROB
7  FORMAT(/40X,'NUMERO DE ESTRUTURAS A SEREM ANALISADAS=',I3)
      NEAL=0
500 NEAL=NEAL+1
      READ(8,10)NE,(COM(J),J=1,18)
10  FORMAT(I5,18A4)
      WRITE(5,15)(COM(J),J=1,18),NE
15  FORMAT(/45X,18A4,/45X,'ESTRUTURA NUMERO',I3)
      READ(8,1)
1  FORMAT('
      WRITE(5,1)
      READ(8,20)NA,NN,NP,NVA,NH,E,G
20  FORMAT(5I5,2F10.0)
      WRITE(5,25)NA,NN,NP,NVA,NH,E,G
25  FORMAT(/45X,'DADOS ESTRUTURAIS',9X,'-',/33X,12,' ANDARES',I10,'
      *NOS EM PLANTA',I10,'PILARES POR ANDAR',/33X,12,' VIGAS POR ANDAR'
      *,I10,' VARIACOES DE ALTURA DE COLUNA',/33X,'MODULO DE ELASTICIDA
      *DE LONGITUDINAL',F15.0,/33X,'MODULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL',
      *F16.0)
      READ(8,30)IPC,GAMA
30  FORMAT(I5,F10.0)
      WRITE(5,35)IPC,GAMA
35  FORMAT(/35X,'INDICE DE PESO DE COLUNA',I5,5X,'PESO ESPECIFICO',F10
      *0.2)
      READ(8,150)ILD
      IF(ILD)36,36,37
37  WRITE(5,38)
38  FORMAT(/35X,'OS DESLOCAMENTOS SERAO LISTADOS')
      GO TO 39
36  WRITE(5,44)
44  FORMAT(/35X,'OS DESLOCAMENTOS NAO SERAO LISTADOS')
39  NH=NH+1
      DO 40 I=1,NH

```

```

      READ(8,45)NI(I),NF(I),HI(I)
45  FORMAT(2I5,F10.0)
      WRITE(5,50)HI(I),NI(I),NF(I)
50  FORMAT(/35X,'ALTURA DE ANDAR',F5.2,13X,'INICIO=',I3,7X,'FIM=',I3)
40  CONTINUE
      NEA=NP+NVA
      NC1=NVA+1
C**** LEITURA RELATIVA A APOIO ELASTICO
      READ(8,600)NAE,XJE,YJE
600  FORMAT(I5,2F10.0)
      IF(NAE)605,605,610
610  WRITE(5,615)
615  FORMAT(/33X,'DADOS RELATIVOS A APOIO ELASTICO')
      WRITE(5,620)
620  FORMAT(/10X,'ANDAR',16X,'RAEX',16X,'RAEY',16X,'RAEZ')
      DO 625 K=1,NAE
      READ(8,630)I,(RAE(I,J),J=1,3)
630  FORMAT(I5,3F10.0)
      WRITE(5,635)I,(RAE(I,J),J=1,3)
635  FORMAT(/1X,I14,3F20.7)
625  CONTINUE
605  WRITE(5,41)
41  FORMAT(/38X,'INCIDENCIAS E COORDENADAS')
      WRITE(5,21)
21  FORMAT(/25X,54('.'))
      WRITE(5,43)
43  FORMAT(/45X,'ANDAR NO 1')
      WRITE(5,21)
      WRITE(5,42)
42  FORMAT(/25X,'ELEM',8X,'JJ',8X,'JK',6X,'XJ',8X,'YJ',8X,'XK',8X,'YK
*')
      READ(8,55)(I,JJ(I),JK(I),XJ(I),YJ(I),XK(I),YK(I),K=1,NEA)
55  FORMAT(3I5,4F10.0)
      WRITE(5,60)(I,JJ(I),JK(I),XJ(I),YJ(I),XK(I),YK(I),I=1,NEA)
60  FORMAT(/19X,3I10,4F10.2)
      DO 65 I=2,NA
      WRITE(5,21)
      WRITE(5,81)I
      WRITE(5,21)
      WRITE(5,42)
      DO 70 J=1,NEA
      JJ(J)=JJ(J)+NN
      JK(J)=JK(J)+NN
70  WRITE(5,60)J,JJ(J),JK(J),XJ(J),YJ(J),XK(J),YK(J)
65  CONTINUE
      READ(8,80)(ILV(I),ILC(I),I=1,NA)
80  FORMAT(16I5)
      WRITE(5,84)

```

```

84 FORMAT(/35X,'DADOS PARA A LEITURA DE PROPRIEDADES DOS ELEMENTOS')
   WRITE(5,86)
86 FORMAT(/35X,'ANDAR',7X,'ILV',7X,'ILC',10X,'ANDAR',7X,'ILV',7X,'IL
   *C')
   WRITE(5,87)(K,ILV(K),ILC(K),K=1,NA)
87 FORMAT(I40,2I10,I15,2I10)
   WRITE(5,56)
56 FORMAT(/35X,'PROPRIEDADES DOS ELEMENTOS')
   DO 90 I=1,NA
   WRITE(5,21)
   WRITE(5,81)I
81 FORMAT(/45X,'ANDAR NO',I3)
   WRITE(5,21)
   WRITE(5,82)
82 FORMAT(/1X,'ELEM',7X,'MIX',9X,'MIY',9X,'MIZ',7X,'AREA',7X,'ACX',7
   *X,'ACY',6X,'TRJ',6X,'TRK',7X,'TIJ',7X,'TIK',8X,'ALFA')
   ILI=ILV(I)
   IF(ILI)95,95,100
100 READ(8,105)(NV,MIX(NV),MIY(NV),TRJ(NV),TRK(NV),TIJ(NV),TIK(NV),K=1
   *,ILI)
105 FORMAT(I5,6F10.0)
   95 ILI=ILC(I)
   IF(ILI)110,110,120
120 READ(8,125)(NC,MIX(NC),MIY(NC),MIZ(NC),AZ(NC),ALFA(NC),ACX(NC),ACY
   *(NC),K=1,ILI)
125 FORMAT(I5,7F10.0)
110 DO 130 J=1,NVA
   WRITE(5,135)J,MIX(J),MIY(J),TRJ(J),TRK(J),TIJ(K),TIK(J)
135 FORMAT(/1X,I4,2F12.6,49X,F6.2,3F9.2)
130 CONTINUE
   DO 140 J=NC1,NEA
   WRITE(5,145)J,MIX(J),MIY(J),MIZ(J),AZ(J),ACX(J),ACY(J),ALFA(J)
145 FORMAT(/1X,I4,3F12.6,3F10.4,39X,F10.5)
140 CONTINUE
   90 CONTINUE
   READ(8,150)NCCA
150 FORMAT(I5)
   ICA=0
155 ICA=ICA+1
   WRITE(5,21)
   WRITE(5,160)ICA
160 FORMAT(/40X,'CARREGAMENTO NO',I3)
   WRITE(5,21)
   READ(8,165)NNC,NAC,NVC,NCRE,IPC
165 FORMAT(5I5)
   WRITE(5,170)NNC,NAC,NVC,NCRE,IPC
170 FORMAT(/35X,'NUMERO DE NOS COM CARGA=',I3,/35X,'NUMERO DE ANDARES
   * COM CARGA=',I3,/35X,'INDICE DE VIGAS COM CARGA=',I3,/35X,'NUMERO

```

```

*DE PILARES COM RECALQUE=',I3,/35X,'INDICE DE PESO DE PILAR',I3)
  IF(NNC)175,175,180
180 WRITE(5,181)
181 FORMAT(/35X,'CARGAS NODAIS')
  WRITE(5,185)
185 FORMAT(/23X,'NO',6X,'MOMENTO X',7X,'MOMENTO Y',9X,'FORÇA Z')
  DO 190 I=1,NNC
    READ(8,200)NO,(CA(J),J=1,3)
200 FORMAT(I5,3F10.0)
    WRITE(5,205)NO,(CA(J),J=1,3)
205 FORMAT(/17X,I8,2F16.2,F16.2)
190 CONTINUE
175 IF(NAC)210,210,215
215 WRITE(5,216)
216 FORMAT(/35X,'CARGAS DE ANDAR')
  WRITE(5,220)
220 FORMAT(/20X,'ANDAR',8X,'FORÇA X',9X,'FORÇA Y',7X,'MOMENTO Z')
  DO 225 I=1,NAC
    READ(8,230)IA,(CA(J),J=1,3)
230 FORMAT(I5,3F10.0)
    WRITE(5,205)IA,(CA(J),J=1,3)
225 CONTINUE
210 IF(NVC)240,240,245
245 READ(8,250)(NVCA(K),K=1,NA)
250 FORMAT(10I5)
    WRITE(5,255)
255 FORMAT(/35X,'ANDAR',5X,'NVC',10X,'ANDAR',5X,'NVC')
    WRITE(5,260)(K,NVCA(K),K=1,NA)
260 FORMAT(I40,I7,I15,I8)
    DO 265 I=1,NA
      NJ=NVCA(I)
      IF(NJ)265,265,275
275 READ(8,280)NLD,NCON,NLIN
280 FORMAT(3I5)
    WRITE(5,277)I
277 FORMAT(/35X,'ANDAR NO',I3)
    WRITE(5,285)NLD,NCON,NLIN
285 FORMAT(/35X,'NUMERO DE LEITURAS DIRETAS=',I3,/35X,'NUMERO DE CALCU
*LOS DOS MEP POR CACON=',I3,/35X,'NUMERO DE CALCULOS DOS MEP POR VAR
*RLI=',I3)
    IF(NLD)290,290,295
295 WRITE(5,298)
298 FORMAT(/35X,'MOMENTOS DE EMGASTAMENTO PERFEITO')
    WRITE(5,297)
297 FORMAT(/20X,'VIGA',5X,'M1X',7X,'M2Y',7X,'F3Z',7X,'M4X',7X,'M5Y',7X
*, 'F6Z')
    DO 300 J=1,NLD
      READ(8,305)NV,(CA(K),K=1,6)

```

```
305 FORMAT(I5,6F10.0)
    WRITE(5,310)NV,(CA(K),K=1,6)
310 FORMAT(/20X,I4,6F10.2)
300 CONTINUE
290 IF(NCON)315,315,320
320 WRITE(5,326)
326 FORMAT(/45X,'CARGAS CONCENTRADAS')
    WRITE(5,325)
325 FORMAT(/7X,'VIGA',2X,'NCC',7X,'P1',8X,'A1',8X,'P2',8X,'A2',8X,'P3'
    *,8X,'A3',8X,'P4',8X,'A4',8X,'P5',8X,'A5')
    DO 327 J=1,NCON
    READ(8,330)NV,NCC
330 FORMAT(2I5)
    READ(8,335)(P(K),A(K),K=1,NCC)
335 FORMAT(8F10.0)
    WRITE(5,340)NV,NCC,(P(K),A(K),K=1,NCC)
340 FORMAT(/6X,2I5,10F10.2)
327 CONTINUE
315 IF(NLIN)265,265,355
355 WRITE(5,356)
356 FORMAT(/45X,'CARGAS DISTRIBUIDAS')
    WRITE(5,360)
360 FORMAT(/4X,'VIGA',4X,'PZ1',6X,'PZ2',6X,'DA1',6X,'DB1',6X,'PZ1',6X,
    *,'PZ2',6X,'DA1',6X,'DB1',6X,'PZ1',6X,'PZ2',6X,'DA1',6X,'DB1')
    DO 365 K=1,NLIN
    READ(8,370)NV,NCC
370 FORMAT(2I5)
    READ(8,380)(PZ1(J),PZ2(J),DA(J),DB(J),J=1,NCC)
380 FORMAT(8F10.0)
    WRITE(5,385)NV,(PZ1(J),PZ2(J),DA(J),DB(J),J=1,NCC)
385 FORMAT(/4X,I4,12F9.2)
365 CONTINUE
265 CONTINUE
240 IF(NCRE)400,400,410
410 WRITE(5,415)
415 FORMAT(/1X,'COLUMNA',5X,'RECALQUE')
    DO 420 K=1,NCRE
    READ(8,425)NC,VREC
425 FORMAT(I5,F10.0)
    WRITE(5,430)NC,VREC
430 FORMAT(I7,F13.2)
420 CONTINUE
400 IF(NCCA-ICA)450,450,155
450 IF(NPROB-NEAL)550,550,500
550 CALL EXIT
    END
```

A P P E N D I C E



A - NOTAÇÕES UTILIZADAS NO DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

$[M]$	Matriz quadrada ou retangular
$\{M\}$	Matriz coluna
$[M]^{-1}$	Inversa da matriz $[M]$
$[M]^T$	Transposta da matriz $[M]$
NA	Número de andares da estrutura
F	Ações (forças ou momentos)
NN	Número de nós da estrutura em planta
NGL	Número de graus de liberdade da estrutura
$[RV]$	Matriz de rigidez de viga referida ao sistema local
E	Módulo de elasticidade longitudinal
G	Módulo de elasticidade transversal
$l$	Comprimento do elemento
$[RVR]$	Matriz de rigidez de viga com trechos rígidos colineares
$[T]$	Matriz de transformação
$\{D\}$	Deslocamentos
$\{EE\}$	Esforços de engastamento perfeito da viga sem trechos rígidos
$\{EEP\}$	Esforços de engastamento perfeito da viga com trechos rígidos
a,b,c,d	Comprimento dos trechos rígidos
$[RVI]$	Matriz de rigidez de viga com trechos rígidos inclinados

$\phi$	Parâmetro de deformação por cortante
$A_x$ e $A_y$	Áreas para efeito de cortante
$[RC]$	Matriz de rigidez de pilar referida ao sistema local
$[RT]$	Matriz de rotação
$[RVG]$	Matriz de rigidez de viga referida ao sistema global
$[RCG]$	Matriz de rigidez de pilar referida ao sistema global
$[K]$	Matriz de rigidez global da estrutura
$\{V\}$	Vetor das cargas da estrutura
LL	Número de equações de uma partição
LF	Largura de faixa da matriz $[K]$
$\{q\}$	Esforços nas extremidades dos elementos
$\{d\}$	Vetor dos deslocamentos das extremidades dos elementos
$[RE]$	Matriz de rigidez de um elemento (viga ou pilar) referida ao sistema local.

B - MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

Nº de ordem	Nº de cartões	Multipli- cadores	Variáveis	Formato
1	1	x1	NPROB	I5
2	1		NE, COM(J), J=1, 18	I5, 18A4
3	1		COMENTÁRIOS	55 colunas a partir da 2a.
4	1		NA, NN, NP, NVA, NH, E, G	5I5, 2F10.0
5	1		IPC, GAMA	I5, F10.0
6	1		IED	I5
7	NH+1		NI(I), NF(I), HI(I)	2I5, F10.0
8	1		NAE, XJE, YJE	I5, 2F10.0
9	NAE		IA, (RAE(IA, J), J=1, 3)	I5, 3F10.0
10	NP+NVA		I, JJ(I), JK(I), XJ(I), YJ(I), XK(I), YK(I)	3I5, 4F10.0
11	$\frac{NA-1}{8} + 1$	xNA	(ILV(I), ILC(I), I=1, NA)	16I5
12	ILV(I)		NV, MIX(NV), MIY(NV), TRJ(NV), TRK(NV), TIJ(NV) TIK(NV)	I5, 6F10.0
13	ILC(I)		NC, MIX(NC), MIY(NC), MIZ(NC), AZ(NC), ALFA(NC), ACX(NC), ACY(NC)	I5, 7F10.0
14	1	xNCCA	NCCA	I5
15	1		NNC, NAC, NVC, NCRE, IPC	5I5
16	NNC		NO, (CA(J), J=1, 3)	I5, 3F10.0
17	NAC		IA, (CB(J), J=1, 3)	I5, 3F10.0
18	$\frac{NA-1}{10} + 1$		NVCA(K), K=1, NA	10I5
19	1	xNA	NLD, NCON, NLIN	3I5
20	NLD		NV, (CC(K), K=1, 6)	I5, 6F10.0
21	1	NCON	NV, NCC	2I5
22	$\frac{NCC-1}{4} + 1$		P(K), (A), K=1, NCC	8F10.0

Nº de ordem	Nº de cartões	Multiplicadores	Variáveis	Formato
21	1	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <math>\left. \begin{array}{l} \text{NCON} \\ \text{NLIN} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{xNA} \\ \text{xNCCA} \end{array}</math> </div>	NV, NCC	2I5
22	$\frac{\text{NCC}-1}{4}+1$		P(K), A(K), K=1, NCC	8F10.0
23	1		NV, NCD	2I5
24	$\frac{\text{NCD}-1}{2}+1$		PZ1(J), PZ2(J), A(J), B(J), J=1, NCD	8F10.0
25	NCRE		NC, VREC	I5, F10.0

Especificação das variáveis dos cartões de dados e comentários:

- 1) NPROB- Número de estruturas a serem analisadas
- 2) NE - Número da estrutura a ser analisada  
COM(J) Variável para leitura de comentários
- 3) Cartão para comentário. Caso não seja preenchido, colocar um em branco
- 4) NA - Número de andares  
NN - Número de nós em planta  
NP - Número de pilares em planta  
NVA - Número de vigas em planta  
NH - Número de vezes que a altura de andar varia  
E - Módulo de elasticidade longitudinal  
G - Módulo de elasticidade transversal
- 5) IPC - Índice para consideração do peso próprio dos pilares  
IPC  $\leq$  0 Não se considera  
IPC > 0 Considera-se

GAMA - peso específico do material

6) IED - Índice para impressão dos deslocamentos

IED  $\leq$  0 - Não se imprimem

IED > 0 - Imprimem-se

7) NI(I) - Primeiro andar com altura H(I)

NF(I) - Último andar com altura H(I)

H(I) - Altura dos andares NI(I) a NF(I)

8) NAE - Número de andares que têm apoios elásticos

XJE - Coordenada X dos apoios elásticos

YJE - Coordenada Y dos apoios elásticos

Observações: todos os apoios elásticos devem estar situados na mesma vertical.

9) IA - Número do andar

RAE(IA,J) - Coeficientes de rigidez nas direções X, Y e Z dos apoios elásticos do andar IA.

10) I - Número do elemento (viga ou pilar)

JJ(I) - número do nó J do elemento I

JK(I) - Número do nó K do elemento I

XJ(I) e YJ(I) - Coordenadas do nó J do elemento I

XK(I) e YK(I) - Coordenadas do nó K do elemento I

Observações: estes dados são fornecidos apenas para os elementos do primeiro andar.

11) ILV(I) - Número de vigas do andar I, cujos dados de número de ordem 12 serão lidos.

ILC(I) - número de pilares do andar I cujos dados de número de ordem 13 serão lidos.



lores:

$$ILV(1) = 4$$

$$ILC(1) = 4$$

$$ILV(2) = 3$$

$$ILC(2) = 3$$

As variáveis de ordem 12 serão fornecidas para todas as vigas do primeiro andar e para as de números 1, 3 e 4 do segundo andar. As variáveis de ordem 13 serão fornecidas para todos os pilares do primeiro andar e para os de números 6, 7 e 8 do segundo andar.

O procedimento adotado diminui sensivelmente o número de dados.

12) NV - Número da viga

MIX(NV) - Momento de inércia a torção

MIY(NV) - Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo  $Y_m$  (vide fig. 3.1)

TRJ(NV) - Comprimento do trecho rígido da extremidade J (vide fig. b)

TRK(NV) - Comprimento do trecho rígido da extremidade K.

TIJ(NV) - Comprimento do trecho rígido inclinado da extremidade J.

TIK(NV) - Comprimento do trecho rígido inclinado da extremidade K.

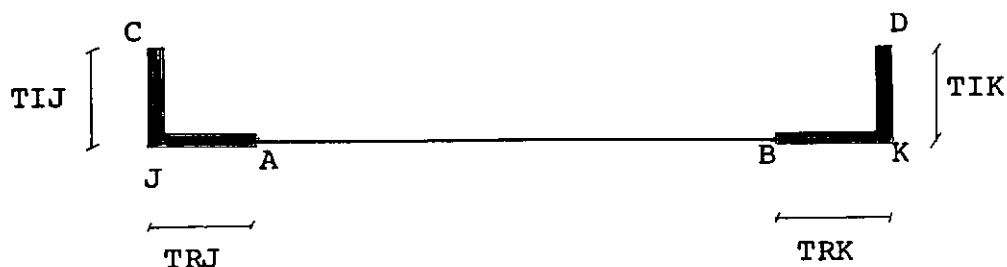


Fig. b - Vista em planta

## 13) NC - Número do pilar

MIX(NC) - Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo  $X_m$  (vide fig.3.16)

MIY(NC) - Idem em relação ao eixo  $Y_m$

MIZ(NC) - Momento de inércia a torção

AZ(NC) - Área da seção transversal

ALFA(NC) - Ângulo formado pelos eixos  $X_s$  e  $X_m$  (vide fig.4.2)

ACX(NC) - Área da seção transversal para efeito do cortante na direção  $X_m$

ACY(NC) - Idem na direção  $Y_m$

Observação: Caso não se deseje incluir o efeito do cortante, as áreas ACX e ACY a serem fornecidas são nulas.

## 14) NCCA - Número de casos de carregamentos a serem considerados.

## 15) NNC - Número de nós com cargas aplicadas diretamente

NAC - Número de andares com cargas aplicadas diretamente

NVC - Índice que indica se há ou não vigas com carga



NVC > 0 - Há vigas com carga

NVC  $\leq$  0 - Não há vigas com carga

NCRE - Número de pilares cujos apoios sofreram recalques verticais

IPC - Índice que maior do que zero indica que o peso próprio dos pilares deve ser considerado, e que menor ou igual a zero não deve ser considerado.

16) NO - Número do nó

CA(J) - Cargas nodais nas direções X, Y e Z. (vide item 2.5.1)

17) IA - Número do andar

CB(J) Cargas do andar IA (vide item 2.5.2)

18) NVCA(K) - Vetor que dá o número de vigas que têm carga em cada andar.

19) NLD - Número de leituras diretas dos esforços de engastamento perfeito das vigas do andar em questão.

NCON- Número de vigas do andar em questão que terão os esforços de engastamento calculados pela subrotina CACON

NLIN - Número de vigas do andar em questão que terão os esforços de engastamento perfeito, calculados pela subrotina VARLI.

20) NV - Número da viga

CC(K) - Esforços de engastamento perfeito da viga NV.

21) NV - Número da viga

NCC - Número de cargas concentradas na viga NV

22)  $P(K)$  - Valor da carga concentrada (vide fig. c)

$A(K)$  - Distância de  $P(K)$  ao nó  $J$  da viga

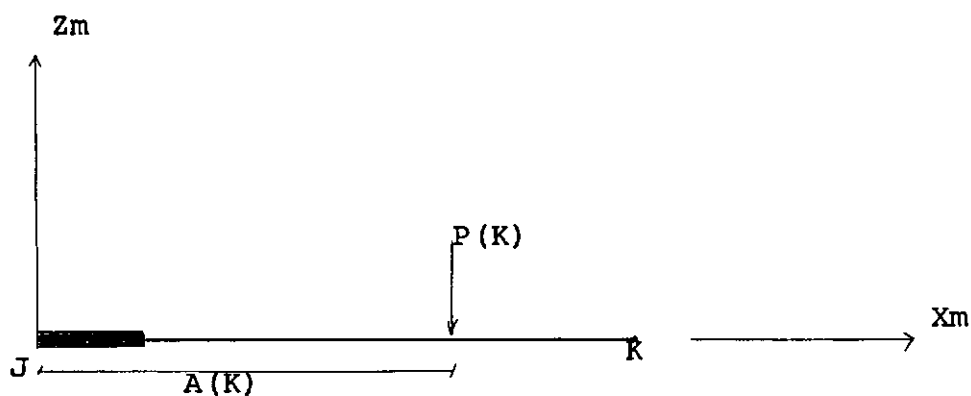


Fig. c

23)  $NV$  - Número da viga

$NCD$  - Número de carregamentos distribuídos

24)  $PZ1(J)$  - Ordenada inicial do carregamento

$PZ2(J)$  - Ordenada final do carregamento

$A(J)$  - Abcissa da  $PZ1(J)$

$B(J)$  - Abcissa de  $PZ2(J)$  (vide fig. d)

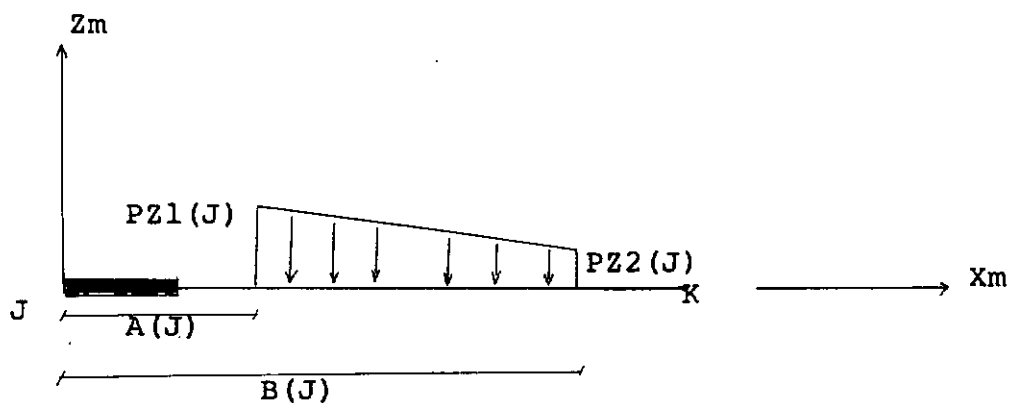


Fig. d

25) NC - Número do pilar

VREC - Valor do recalque

Observação: Caso NVC seja igual a zero, nenhuma das variáveis de ordem 18 a 24, deve ser dada.

As variáveis de ordem 19 devem ser fornecidas apenas para os andares que tiverem vigas carregadas e as variáveis de ordem 20 a 24 só para as vigas carregadas.

Para cada andar após serem fornecidas todas as variáveis de ordem 21 e 22 é que se passam às de ordem 23 e 24 (vide multiplicadores).

As variáveis de ordem 14 a 25 devem ser fornecidas para cada caso de carregamento e as de ordem 2 a 25 para cada estrutura a partir da segunda.

C - OBSERVAÇÕES SOBRE A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA EDIFÍCIO

1. O programa aceita estruturas com as seguintes limitações:

- 50 andares
- 25 nós em planta
- 90 elementos por andar

2. Qualquer ângulo, fornecido ao programa como dado de entrada, deve ser expresso em radianos.

Para melhor funcionabilidade dos formatos de entrada e saída, aconselha-se a adoção das unidades tonelada e metro.

3. Deve-se observar rigorosamente as seguintes numerações:

- andares            2.8.1
- pontos nodais    2.8.2
- elementos        2.8.3

4. As reações de apoio são fornecidas em relação ao sistema local de cada pilar.

5. Para as vigas dotadas de trechos rígidos, os esforços calculados são os atuantes nos pontos A e B das mesmas. (Vide fig. 3.14).

D - EXEMPLOS DE ANÁLISE DE ESTRUTURAS

## 1. Análise da estrutura da Fig. D.1

Considere-se a referida estrutura com:

- 2 andares e 14 nós em planta
- características elásticas  $E = 2.100.000 \text{ tf/m}^2$  e  
 $G = 880.000 \text{ tf/m}^2$
- rigidezes dos elementos e carregamentos da estrutura apresentados na listagem anexa.

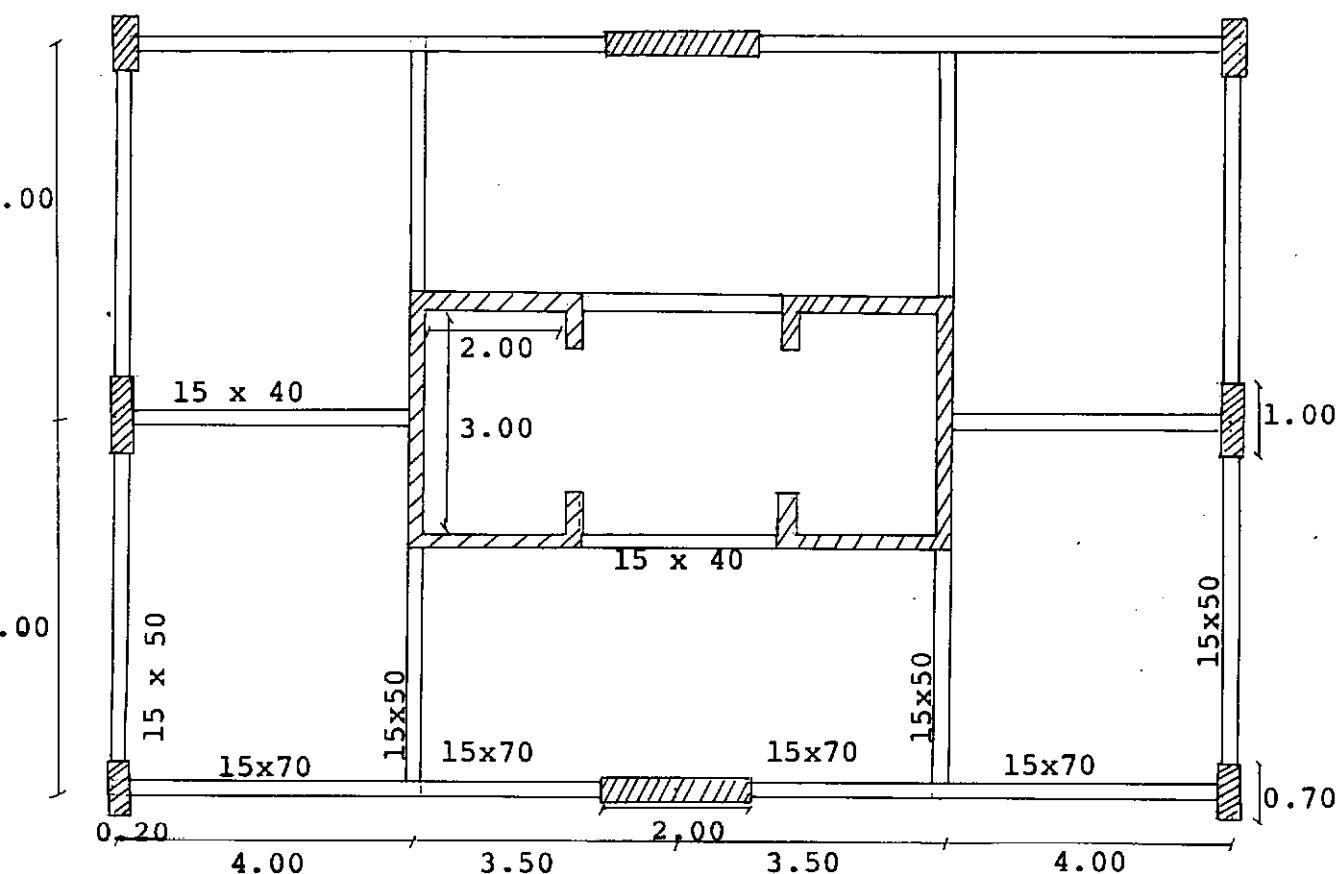


Fig. D.1 - Vista em planta

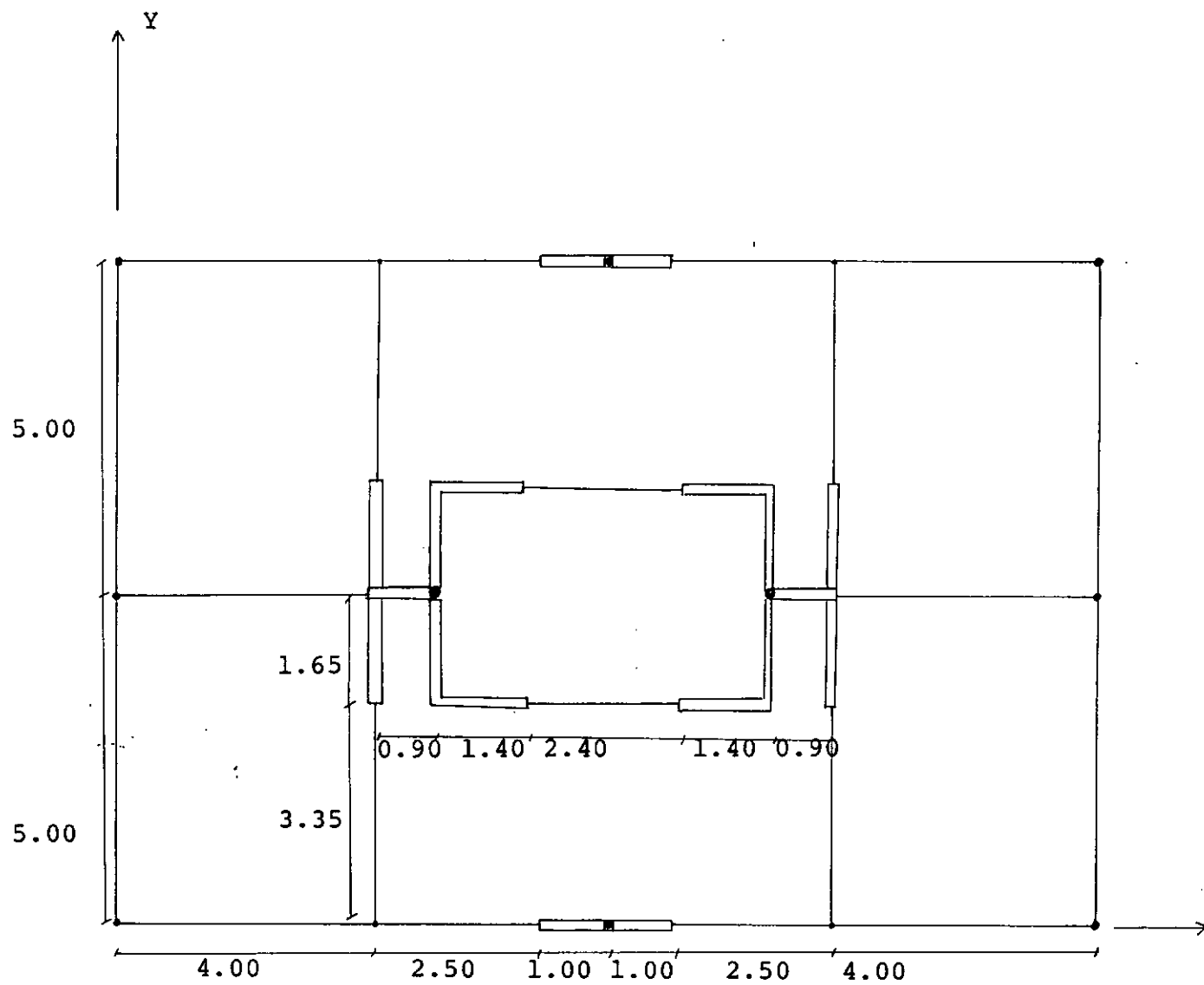


Fig. D.2 - Discretização da estrutura

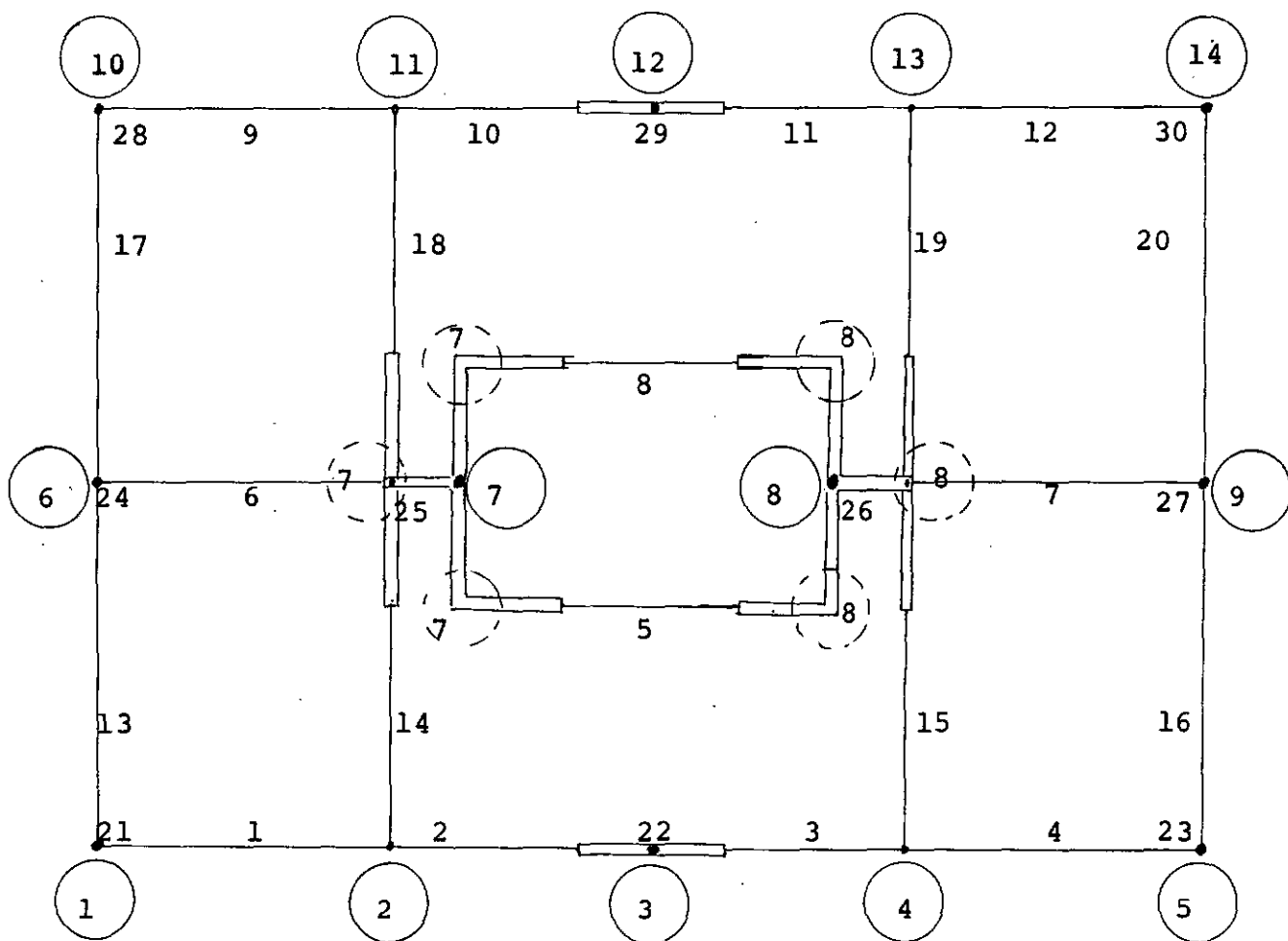


Fig. D.3 - Numeração da estrutura

Observações sobre a numeração da estrutura:

a) Os números interiores aos círculos correspondem aos pontos nodais.

b) Os nós cujos números se encontram no interior de círculos pontilhados, são considerados como nós fictícios.

Estes nós aparecem em estruturas que possuem vigas com trechos rígidos inclinados e seus deslocamentos não são calculados.

Seja a figura D.4, representando uma viga com trechos rígidos inclinados:



Fig. D.4

Os números dos nós fictícios são os mesmos dos nós reais (extremidades da viga).

As coordenadas dos pontos nodais das extremidades da viga (dados de ordem 9 do manual de utilização) são as dos nós fictícios.

Através das coordenadas dos nós fictícios calcula-se o comprimento da viga e pela numeração dos mesmos, faz-se o assemble dos coeficientes da matriz de rigidez da viga, na ma-



PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL	-	COPPE/UFRJ.
-----		
ANALISE TRIDIMENSIONAL DE ESTRUTURAS DE EDIFICIO		
-----		
PROGRAMA EDIFICIO		ANTONIO OSCAR DA FONTE.
-----		

NUMERO DE ESTRUTURAS A SEREM ANALISADAS= 1

UNIDADES EM TON-FORCA E METRO.

ESTRUTURA NUMERO 1

DADOS ESTRUTURAIS

2 ANDARES	14NOS EM PLANTA	10PILARES POR ANDAR
20 VIGAS POR ANDAR	1 VARIACOES DE ALTURA DE PILAR	

MODULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL	2100000.00
MODULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL	880000.00

INDICE DE PESO DE PILAR	0	PESO ESPECIFICO	0.0
ALTURA DE ANDAR 3.00		INICIO= 1	FIM= 1
ALTURA DE ANDAR 4.00		INICIO= 2	FIM= 2

.....

COORDENADAS DOS PONTOS NODAIS DOS ELEMENTOS

.....

ELEM	XJ	YJ	XK	YK
1	0.0	0.0	4.000	0.0
2	4.000	0.0	7.500	0.0
3	7.500	0.0	11.000	0.0
4	11.000	0.0	15.000	0.0
5	4.900	3.250	10.100	3.250
6	0.0	5.000	4.900	5.000
7	10.100	5.000	15.000	5.000
8	4.900	6.650	10.100	6.650
9	0.0	10.000	4.000	10.000
10	4.000	10.000	7.500	10.000
11	7.500	10.000	11.000	10.000

12	11.000	10.000	15.000	10.000
13	0.0	0.0	0.0	5.000
14	4.000	0.0	4.000	5.000
15	11.000	0.0	11.000	5.000
16	15.000	0.0	15.000	5.000
17	0.0	5.000	0.0	10.000
18	4.000	5.000	4.000	10.000
19	11.000	5.000	11.000	10.000
20	15.000	5.000	15.000	10.000
21	0.0	0.0	0.0	0.0
22	7.500	0.0	7.500	0.0
23	15.000	0.0	15.000	0.0
24	0.0	5.000	0.0	5.000
25	4.900	5.000	4.900	5.000
26	10.100	5.000	10.100	5.000
27	15.000	5.000	15.000	5.000
28	0.0	10.000	0.0	10.000
29	7.500	10.000	7.500	10.000
30	15.000	10.000	15.000	10.000

.....

INCIDENCIAS E PROPIEDADES DOS ELEMENTOS

.....

.....

ANDAR NO 1

.....

.....

VIGAS

.....

ELEM	JJ	JK	MIX	MIY	TRJ	TRK	TIJ	TIK	COMP
1	1	2	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
2	2	3	0.0006660	0.0042900	0.0	1.000	0.0	0.0	3.500
3	3	4	0.0006660	0.0042900	1.000	0.0	0.0	0.0	3.500
4	4	5	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
5	7	8	0.0003500	0.0008000	1.400	1.400	1.650	1.650	5.200
6	6	7	0.0003500	0.0008000	0.0	0.900	0.0	0.0	4.900

7	8	9	0.0003500	0.0008000	0.900	0.0	0.0	0.0	4.900
8	7	8	0.0003500	0.0008000	1.400	1.400	-1.650	-1.650	5.200
9	10	11	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
10	11	12	0.0006660	0.0042900	0.0	1.000	0.0	0.0	3.500
11	12	13	0.0006660	0.0042900	1.000	0.0	0.0	0.0	3.500
12	13	14	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
13	1	6	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
14	2	7	0.0004500	0.0009450	0.0	1.650	0.0	-0.900	5.000
15	4	8	0.0004500	0.0009450	0.0	1.650	0.0	0.900	5.000
16	5	9	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
17	6	10	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
18	7	11	0.0004500	0.0009450	1.650	0.0	-0.900	0.0	5.000
19	8	13	0.0004500	0.0009450	1.650	0.0	0.900	0.0	5.000
20	9	14	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000

.....

PILARES

.....

ELEM	JJ	JK	MIX	MIY	MIT	AREA	ACX	ACY	ALFA
21	1	15	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
22	3	17	0.0013330	0.1332999	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
23	5	19	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
24	6	20	0.0166000	0.0001660	0.0022800	0.20000	0.16660	0.16660	0.0
25	7	21	2.2749996	2.8203993	0.0098000	1.30000	0.69000	0.60500	0.0
26	8	22	2.2749996	2.8203993	0.0098000	1.30000	0.69000	0.60500	0.0
27	9	23	0.0166000	0.0001660	0.0022800	0.20000	0.16660	0.16660	0.0
28	10	24	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
29	12	26	0.0013330	0.1332999	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
30	14	28	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0

.....

ANDAR NO 2

VIGAS

ELEM	JJ	JK	MIX	MIY	TRJ	TRK	TIJ	TIK	COMP
1	15	16	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
2	16	17	0.0006660	0.0042900	0.0	1.000	0.0	0.0	3.500
3	17	18	0.0006660	0.0042900	1.000	0.0	0.0	0.0	3.500
4	18	19	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
5	21	22	0.0003500	0.0008000	1.400	1.400	1.650	1.650	5.200
6	20	21	0.0003500	0.0008000	0.0	0.900	0.0	0.0	4.900
7	22	23	0.0003500	0.0008000	0.900	0.0	0.0	0.0	4.900
8	21	22	0.0003500	0.0008000	1.400	1.400	-1.650	-1.650	5.200
9	24	25	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
10	25	26	0.0006660	0.0042900	0.0	1.000	0.0	0.0	3.500
11	26	27	0.0006660	0.0042900	1.000	0.0	0.0	0.0	3.500

12	27	28	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
13	15	20	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
14	16	21	0.0004500	0.0009450	0.0	1.650	0.0	-0.900	5.000
15	18	22	0.0004500	0.0009450	0.0	1.650	0.0	0.900	5.000
16	19	23	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
17	20	24	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
18	21	25	0.0004500	0.0009450	1.650	0.0	-0.900	0.0	5.000
19	22	27	0.0004500	0.0009450	1.650	0.0	0.900	0.0	5.000
20	23	28	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000

.....

PILARES

.....

ELEM	JJ	JK	MIX	MIY	MIZ	AREA	ACX	ACY	ALFA
21	15	29	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
22	17	31	0.0013330	0.1332999	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
23	19	33	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
24	20	34	0.0166000	0.0001660	0.0022800	0.20000	0.16660	0.16660	0.0
25	21	35	2.2749996	2.8203993	0.0098000	1.30000	0.69000	0.60500	0.0



26	22	36	2.2749996	2.8203993	0.0098000	1.30000	0.69000	0.60500	0.0
27	23	37	0.0166000	0.0001660	0.0022800	0.20000	0.16660	0.16660	0.0
28	24	38	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
29	26	40	0.0013330	0.1332999	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
30	28	42	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0

.....

# CARREGAMENTO NO 1

.....

NUMERO DE NOS COM CARGA= 0  
 NUMERO DE ANDARES COM CARGA= 2  
 INDICE DE VIGAS COM CARGA= 0  
 NUMERO DE PILARES COM RECALQUE= 0  
 INDICE DE PESO DE PILAR= 0

## CARGAS DE ANDAR

ANDAR	FORÇA X	FORÇA Y	MOMENTO Z
1	0.0	2.50	18.75
2	0.0	2.50	18.75

# DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA

.....

## 1 DESLOCAMENTOS NODAIS

.....

NO	ROTAC X	ROTAC Y	TRANSL Z
1	-0.8176678E-05	-0.6390174E-06	0.3952449E-06
2	0.6760713E-05	0.5136552E-06	0.1774107E-05
3	-0.7745763E-05	0.9051881E-09	0.1684782E-06
4	0.6762467E-05	-0.5141362E-06	0.1771145E-05
5	-0.8179279E-05	0.6386156E-06	0.3952574E-06
6	-0.8642212E-05	0.5924802E-13	0.1721041E-12
7	-0.8002828E-05	0.3802748E-13	0.4708403E-13
8	-0.8003538E-05	0.4989283E-13	0.7507580E-13
9	-0.8644923E-05	0.6593147E-13	0.4852967E-12
10	-0.8176642E-05	0.6390171E-06	-0.3952456E-06
11	0.6760688E-05	-0.5136552E-06	-0.1774109E-05

12	-0.7745753E-05	-0.9051275E-09	-0.1684782E-06
13	0.6762453E-05	0.5141357E-06	-0.1771147E-05
14	-0.8179250E-05	-0.6386150E-06	-0.3952578E-06
15	-0.1046318E-04	-0.5107471E-06	0.2948281E-06
16	0.5305315E-05	0.4417038E-06	0.1548191E-05
17	-0.1063242E-04	0.7321079E-09	0.1209468E-06
18	0.5306648E-05	-0.4421953E-06	0.1545979E-05
19	-0.1046548E-04	0.5107432E-06	0.2948365E-06
20	-0.1053588E-04	0.5865925E-12	0.7217447E-13
21	-0.6902135E-05	-0.8012720E-13	-0.2369505E-13
22	-0.6902696E-05	0.1358645E-13	0.2712043E-14
23	-0.1053815E-04	-0.4262292E-12	0.2457487E-12
24	-0.1046322E-04	0.5107485E-06	-0.2948287E-06
25	0.5305345E-05	-0.4417063E-06	-0.1548188E-05
26	-0.1063243E-04	-0.7286669E-09	-0.1209467E-06
27	0.5306654E-05	0.4421942E-06	-0.1545983E-05
28	-0.1046551E-04	-0.5107426E-06	-0.2948366E-06

2 DESLOCAMENTOS DE ANDAR

ANDAR	TRANSL X	TRANSL Y	ROTAC Z
1	0.4597524E-08	0.6400618E-04	0.9194132E-09
2	0.1747630E-08	0.3421366E-04	0.3495484E-09

ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS

ANDAR NO 1

EM	MX1	MY2	FZ3	MX4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00						
2	0.00	-0.01	0.01	-0.00	-0.01	-0.01						
3	-0.00	0.01	-0.01	0.00	0.01	0.01						

4	0.00	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
5	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
6	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
7	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
8	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
9	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00						
10	0.00	0.01	-0.01	-0.00	0.01	0.01						
11	-0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01						
12	0.00	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
13	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.02	0.01						
14	0.00	0.01	-0.01	-0.00	0.02	0.01						
15	-0.00	0.01	-0.01	0.00	0.02	0.01						
16	0.00	0.02	-0.01	-0.00	0.02	0.01						
17	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.02	0.01						
18	0.00	0.02	-0.01	-0.00	0.01	0.01						
19	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.01						
20	0.00	0.02	-0.01	-0.00	0.02	0.01						
21	0.02	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00

22	0.01	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
23	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.00
24	0.04	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.00
25	0.07	0.00	0.00	3.58	-0.00	-0.00	0.00	1.22	0.00	-0.00	-1.22	-0.00
26	0.07	-0.00	0.00	3.58	-0.00	-0.00	0.00	1.22	0.00	-0.00	-1.22	-0.00
27	0.04	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00
28	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.00
29	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
30	0.02	-0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00

.....

# ANDAR NO 2

.....

EM	MX1	MY2	FZ3	MX4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00						
2	0.00	-0.01	0.01	-0.00	-0.01	-0.01						
3	-0.00	0.01	-0.01	0.00	0.01	0.01						
4	0.00	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
5	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						

6	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
7	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
8	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
9	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00						
10	0.00	0.01	-0.01	-0.00	0.01	0.01						
11	-0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01						
12	0.00	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
13	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.02	0.01						
14	0.00	0.01	-0.01	-0.00	0.02	0.01						
15	-0.00	0.01	-0.01	0.00	0.02	0.01						
16	0.00	0.02	-0.01	-0.00	0.02	0.01						
17	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.02	0.01						
18	0.00	0.02	-0.01	-0.00	0.01	0.01						
19	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.01						
20	0.00	0.02	-0.01	-0.00	0.02	0.01						
21	0.02	-0.00	0.02	0.09	-0.00	-0.02	0.00	0.03	0.00	-0.00	-0.03	-0.00
22	0.01	0.00	0.03	0.02	-0.00	-0.03	0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00
23	0.02	0.00	0.02	0.09	0.00	-0.02	-0.00	0.03	0.00	0.00	-0.03	-0.00

24	0.05	0.00	0.00	0.24	0.00	-0.00	-0.00	0.07	0.00	0.00	-0.07	-0.00
25	-3.51	-0.00	-0.00	12.97	0.00	0.00	0.00	2.37	0.00	-0.00	-2.37	-0.00
26	-3.51	0.00	0.00	12.98	0.00	-0.00	-0.00	2.37	0.00	0.00	-2.37	-0.00
27	0.05	-0.00	0.00	0.24	-0.00	-0.00	0.00	0.07	0.00	-0.00	-0.07	-0.00
28	0.02	0.00	-0.02	0.09	0.00	0.02	-0.00	0.03	0.00	0.00	-0.03	-0.00
29	0.01	-0.00	-0.03	0.02	0.00	0.03	-0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.00
30	0.02	-0.00	-0.02	0.09	-0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	-0.00	-0.03	-0.00

.....

# REACOES DE APOIO

.....

APOIO	RMX	RMY	RFZ	RFX	RFY	RMZ
29	0.086	-0.000	-0.022	-0.000	-0.028	-0.000
31	0.021	-0.000	-0.025	-0.000	-0.007	-0.000
33	0.086	0.000	-0.022	0.000	-0.028	-0.000
34	0.238	0.000	-0.000	0.000	-0.073	-0.000
35	12.974	0.000	0.000	-0.000	-2.365	-0.000
36	12.975	0.000	-0.000	0.000	-2.365	-0.000
37	0.238	-0.000	-0.000	-0.000	-0.073	-0.000



38	0.086	0.000	0.022	0.000	-0.028	-0.000
40	0.021	0.000	0.025	0.000	-0.007	-0.000
42	0.086	-0.000	0.022	-0.000	-0.028	-0.000

.....

## CARREGAMENTO NO 2

.....

NUMERO DE NOS COM CARGA= 0  
 NUMERO DE ANDARES COM CARGA= 0  
 INDICE DE VIGAS COM CARGA= 1  
 NUMERO DE PILARES COM RECALQUE= 0  
 INDICE DE PESO DE PILAR= 0

## NUMERO DE VIGAS COM CARGA EM CADA ANDAR

ANDAR	NVC	ANDAR	NVC
1	20	2	0

## ANDAR NO 1

NUMERO DE LEITURAS DIRETAS DOS MEP= 0  
 NUMERO DE CALCULOS DOS MEP POR CACON= 0  
 NUMERO DE CALCULOS DOS MEP POR VARLI 20

## CARGAS DISTRIBUIDAS NAS VIGAS

VIGA	P71	PZ2	DA1	DB1	PZ1	PZ2	DA1	DB1	PZ1	PZ2	DA1	DB1
1	-0.70	-0.70	0.0	4.00								
2	-0.70	-0.70	0.0	2.50								
3	-0.70	-0.70	1.00	3.50								
4	-0.70	-0.70	0.0	4.00								
5	-0.70	-0.70	1.40	3.80								
6	-0.70	-0.70	0.0	4.00								
7	-0.70	-0.70	0.90	4.90								
8	-0.70	-0.70	1.40	3.80								
9	-0.70	-0.70	0.0	4.00								
10	-0.70	-0.70	0.0	2.50								
11	-0.70	-0.70	1.00	3.50								
12	-0.70	-0.70	0.0	4.00								
13	-0.70	-0.70	0.0	5.00								
14	-0.70	-0.70	0.0	3.35								
15	-0.70	-0.70	0.0	3.35								
16	-0.70	-0.70	0.0	5.00								
17	-0.70	-0.70	0.0	5.00								

18	-0.70	-0.70	1.65	5.00
19	-0.70	-0.70	1.65	5.00
20	-0.70	-0.70	0.0	5.00

# DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA

.....

## 1 DESLOCAMENTOS NODAIS

.....

NO	ROTAC X	ROTAC Y	TRANSL Z
1	-0.9903511E-04	0.4210090E-03	-0.8798760E-04
2	0.3534711E-04	-0.2625950E-03	-0.7394401E-03
3	0.4391470E-05	-0.1592615E-10	-0.5523849E-04
4	0.3534682E-04	0.2625948E-03	-0.7394392E-03
5	-0.9903492E-04	-0.4210086E-03	-0.8798731E-04
6	0.1921265E-10	0.4231406E-03	-0.7854631E-04
7	0.4234207E-11	-0.1472098E-05	-0.1676285E-04
8	-0.9094848E-11	0.1472103E-05	-0.1676286E-04
9	-0.4162420E-10	-0.4231406E-03	-0.7854617E-04

10	0.9903499E-04	0.4210086E-03	-0.8798782E-04
11	-0.3534727E-04	-0.2625948E-03	-0.7394399E-03
12	-0.4391462E-05	-0.4870812E-10	-0.5523849E-04
13	-0.3534669E-04	0.2625943E-03	-0.7394387E-03
14	0.9903497E-04	-0.4210079E-03	-0.8798746E-04
15	0.2320010E-04	-0.3789736E-04	-0.5057662E-04
16	0.3204941E-05	0.8091745E-05	-0.1533701E-04
17	-0.9406802E-06	0.1999419E-10	-0.3139691E-04
18	0.3204957E-05	-0.8091797E-05	-0.1533706E-04
19	0.2320006E-04	0.3789768E-04	-0.5057651E-04
20	0.1809809E-10	-0.4731864E-04	-0.4488033E-04
21	0.3007670E-11	-0.5086926E-06	-0.9566697E-05
22	-0.6174136E-11	0.5086963E-06	-0.9566715E-05
23	-0.1313227E-10	0.4731883E-04	-0.4488033E-04
24	-0.2320009E-04	-0.3789749E-04	-0.5057684E-04
25	-0.3205000E-05	0.8091740E-05	-0.1533711E-04
26	0.9406870E-06	-0.2674541E-11	-0.3139694E-04
27	-0.3204957E-05	-0.8091788E-05	-0.1533705E-04
28	-0.2320012E-04	0.3789770E-04	-0.5057662E-04

2 DESLOCAMENTOS DE ANDAR

ANDAR	TRANSL X	TRANSL Y	ROTAC Z
1	0.8224721E-10	-0.9213744E-10	0.1314693E-10
2	0.1427499E-10	0.9875746E-12	0.1004270E-11

ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS

ANDAR NO 1

ELEM	MX1	MY2	FZ3	MX4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	-0.02	-0.52	1.97	0.02	-1.74	0.83						
2	0.01	1.77	-1.59	-0.01	-4.39	3.34						
3	-0.01	-4.39	3.34	0.01	-1.77	-1.59						

4	0.02	1.74	0.83	-0.02	0.52	1.97					
5	0.00	-0.34	0.84	-0.00	0.34	0.84					
6	0.00	-0.19	1.12	-0.00	1.32	1.68					
7	0.00	-1.32	1.68	-0.00	0.19	1.12					
8	0.00	-0.34	0.84	-0.00	0.34	0.84					
9	0.02	-0.52	1.97	-0.02	-1.74	0.83					
10	-0.01	1.77	-1.59	0.01	4.39	3.34					
11	0.01	-4.39	3.34	-0.01	-1.77	-1.59					
12	-0.02	1.74	0.83	0.02	0.52	1.97					
13	-0.00	-1.30	1.70	0.00	1.54	1.80					
14	-0.03	0.03	0.75	0.03	1.38	1.59					
15	0.03	0.03	0.75	-0.03	1.38	1.59					
16	0.00	-1.30	1.70	-0.00	1.54	1.80					
17	0.00	-1.54	1.80	-0.00	1.30	1.70					
18	0.03	-1.38	1.59	-0.03	-0.03	0.75					
19	-0.03	-1.38	1.59	0.03	-0.03	0.75					
20	-0.00	-1.54	1.80	0.00	1.30	1.70					
21	-1.28	0.52	-3.67	-0.30	0.22	3.67	-0.25	-0.53	0.00	0.25	0.53 / -0.00

22	0.01	-0.00	-6.68	0.00	-0.00	6.68	0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00
23	-1.28	-0.52	-3.67	-0.30	-0.22	3.67	0.25	-0.53	0.00	-0.25	0.53	-0.00
24	-0.00	0.19	-4.71	-0.00	0.08	4.71	-0.09	-0.00	0.00	0.09	0.00	-0.00
25	-0.00	-2.74	-6.55	-0.00	1.06	6.55	0.56	-0.00	0.00	-0.56	0.00	-0.00
26	-0.00	2.74	-6.55	0.00	-1.06	6.55	-0.56	0.00	0.00	0.56	-0.00	-0.00
27	-0.00	-0.19	-4.71	0.00	-0.08	4.71	0.09	0.00	0.00	-0.09	-0.00	-0.00
28	1.28	0.52	-3.67	0.30	0.22	3.67	-0.25	0.53	0.00	0.25	-0.53	-0.00
29	-0.01	-0.00	-6.68	-0.00	0.00	6.68	0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.01	-0.00
30	1.28	-0.52	-3.67	0.30	-0.22	3.67	0.25	0.53	0.00	-0.25	-0.53	-0.00

.....

# ANDAR NO 2

.....

EM	MX1	MY2	FZ3	MX4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	0.00	-0.19	0.04	-0.00	0.02	-0.04						
2	0.00	-0.02	0.04	-0.00	-0.08	-0.04						
3	-0.00	0.08	-0.04	0.00	0.02	0.04						
4	-0.00	-0.02	-0.04	0.00	0.19	0.04						
5	0.00	-0.06	-0.00	-0.00	0.00	0.00						

6	0.00	-0.06	0.02	-0.00	-0.02	-0.02						
7	0.00	0.02	-0.02	-0.00	0.06	0.02						
8	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00						
9	-0.00	-0.19	0.04	0.00	0.02	-0.04						
10	-0.00	-0.02	0.04	0.00	-0.08	-0.04						
11	0.00	0.08	-0.04	-0.00	0.02	0.04						
12	0.00	-0.02	-0.04	-0.00	0.19	0.04						
13	0.00	-0.03	0.01	-0.00	-0.02	-0.01						
14	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00						
15	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00						
16	-0.00	-0.03	0.01	0.00	-0.02	-0.01						
17	-0.00	0.02	-0.01	0.00	0.03	0.01						
18	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
19	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
20	0.00	0.02	-0.01	-0.00	0.03	0.01						
21	0.26	-0.04	-3.72	0.12	-0.02	3.72	0.01	0.10	0.00	-0.01	-0.10	-0.00
22	-0.00	0.00	-6.59	-0.00	0.00	6.59	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
23	0.26	0.04	-3.72	0.12	0.02	3.72	-0.01	0.10	0.00	0.01	-0.10	-0.00



24	0.00	-0.02	-4.71	0.00	-0.01	4.71	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.00	-0.00
25	0.00	-1.02	-6.53	-0.00	0.48	6.53	0.14	0.00	0.00	-0.14	-0.00	-0.00
26	-0.00	1.02	-6.53	0.00	-0.48	6.53	-0.14	-0.00	0.00	0.14	0.00	-0.00
27	-0.00	0.02	-4.71	0.00	0.01	4.71	-0.01	-0.00	0.00	0.01	0.00	-0.00
28	-0.26	-0.04	-3.72	-0.12	-0.02	3.72	0.01	-0.10	0.00	-0.01	0.10	-0.00
29	0.00	-0.00	-6.59	0.00	-0.00	6.59	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
30	-0.26	0.04	-3.72	-0.12	0.02	3.72	-0.01	-0.10	0.00	0.01	0.10	-0.00

.....

# REAÇÕES DE APOIO

.....

APOIO	PMX	PMY	RFZ	RFY	RFY	RMZ
29	0.122	-0.019	3.717	-0.014	-0.096	-0.000
31	-0.001	0.000	6.593	0.000	0.001	-0.000
33	0.122	0.019	3.717	0.014	-0.096	-0.000
34	0.000	-0.008	4.712	-0.006	-0.000	-0.000
35	-0.000	0.481	6.529	-0.136	-0.000	-0.000
36	0.000	-0.481	6.529	0.136	0.000	-0.000

37	0.000	0.008	4.712	0.006	0.000	-0.000
38	-0.122	-0.019	3.717	-0.014	0.096	-0.000
40	0.001	-0.000	6.593	-0.000	-0.001	-0.000
42	-0.122	0.019	3.717	0.014	0.096	-0.000

## 2. Análise da estrutura da figura D.5:

Considere-se a referida estrutura com:

- 30 andares
- 15 nós em planta

### Cargas verticais:

Carregamento uniformemente distribuído igual a 1t/m em todas as vigas do andar superior. (andar número 1).

### Cargas horizontais na direção Y:

0,5t nos andares 1 a 30

Obs.: devido a impossibilidade de publicação da listagem completa, apresenta-se apenas uma parte desta.

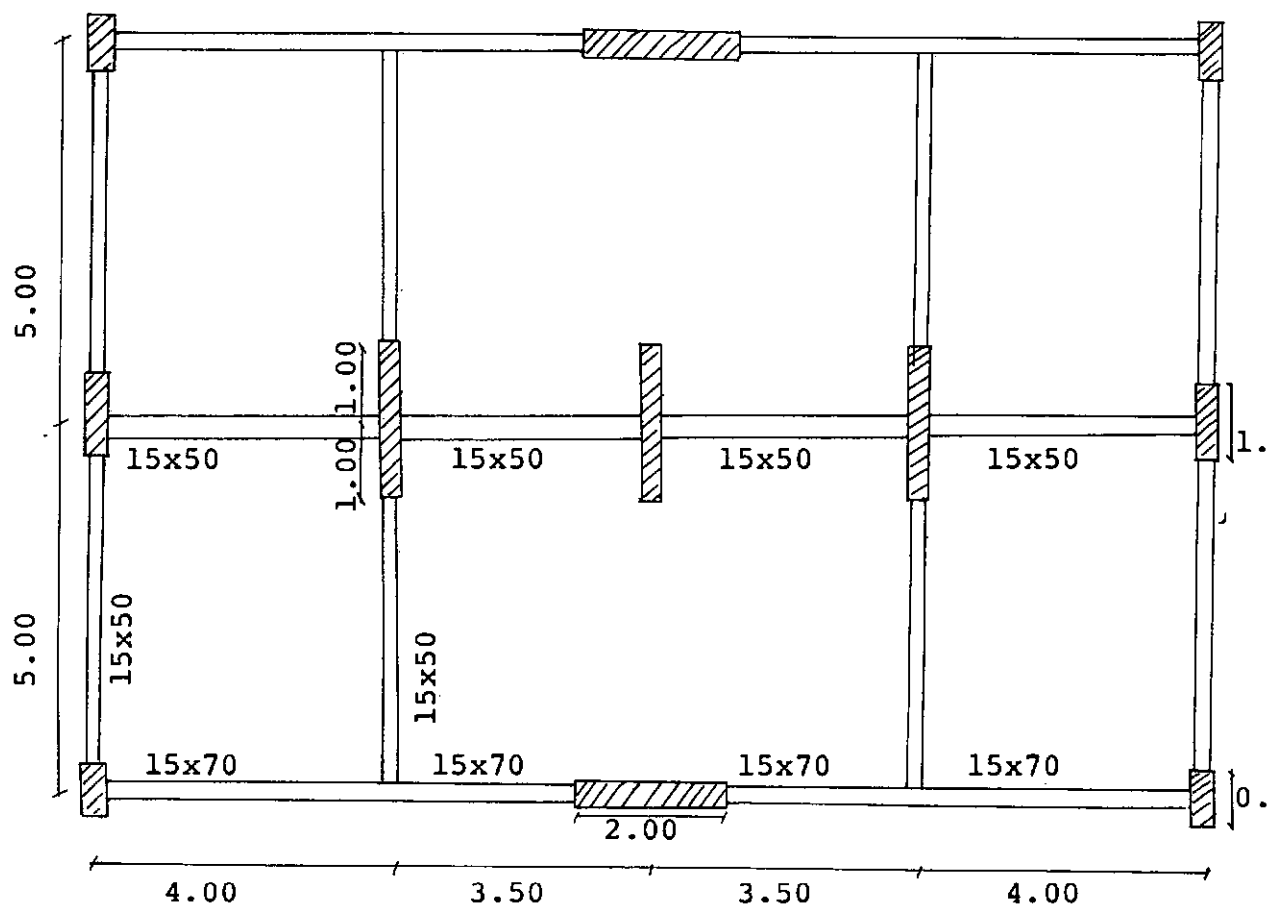


Fig. D.5 - Vista em planta

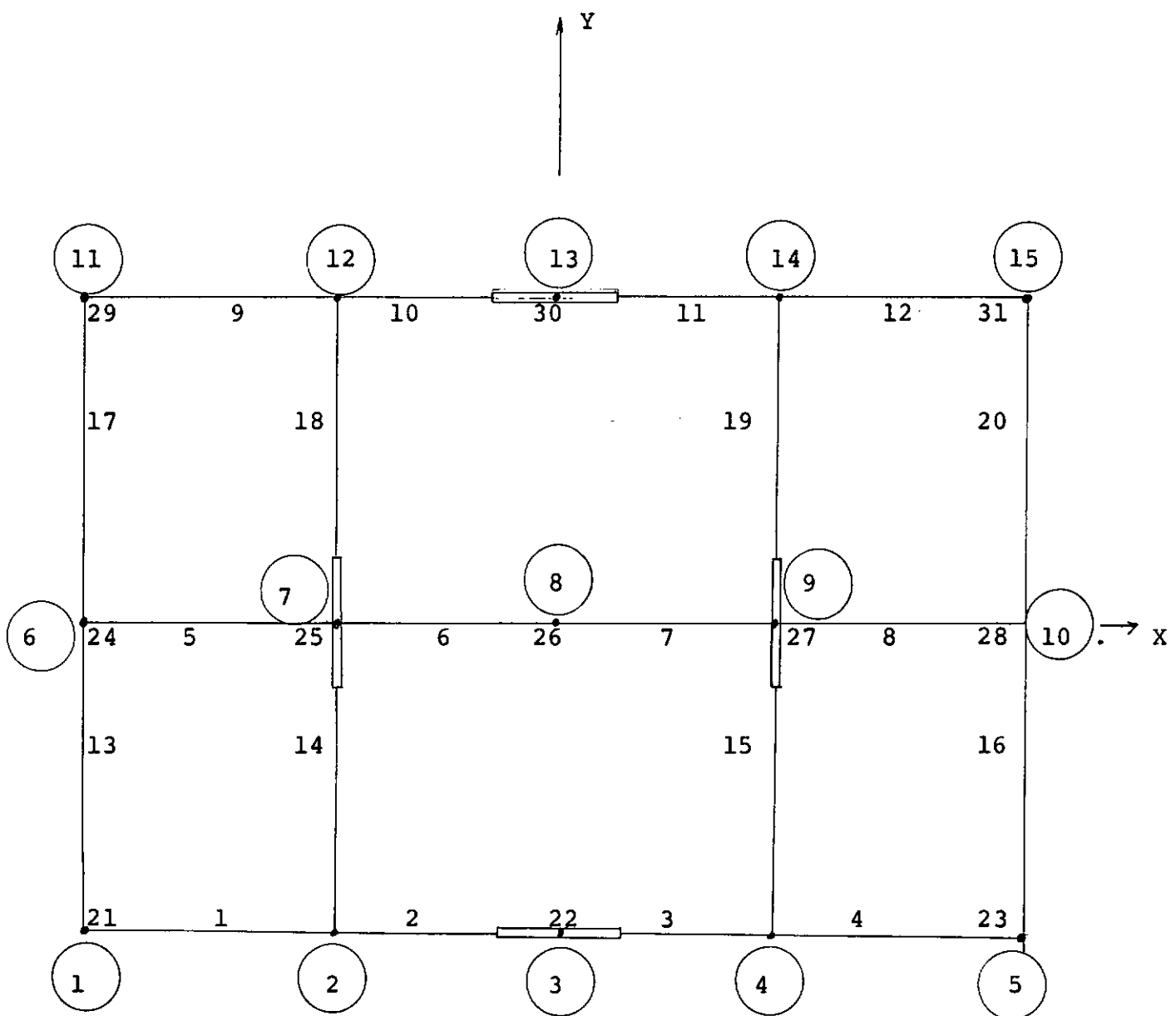


Fig. D.6 - Discretização e numeração da estrutura

PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL

-

COPPE/UFRJ

ANALISE TRIDIMENSIONAL DE ESTRUTURAS DE EDIFICIO

PROGRAMA EDIFICIO

ANTONIO OSCAR DA FONTE

NUMERO DE ESTRUTURAS A SEREM ANALISADAS = 1

UNIDADES EM TON-FORÇA E METRO

ESTRUTURA NUMERO 2

DADOS ESTRUTURAIS

30 ANDARES

15NOS EM PLANTA

11PILARES POR ANDAR

20 VIGAS POR ANDAR

1 VARIAÇÕES DE ALTURA DE PILAR

MODULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL

2100000.00

MODULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL

880000.00

INDICE DE PESO DE PILAR

0

PESO ESPECIFICO

0.0

ALTURA DE ANDAR 3.00

INICIO = 1

FIM = 29

ALTURA DE ANDAR 4.00

INICIO = 30

FIM = 30

COORDENADAS DOS PONTOS NODAIS DOS ELEMENTOS

ELEM	XJ	YJ	XK	YK
1	-7.500	-5.000	-3.500	-5.000
2	-3.500	-5.000	0.0	-5.000
3	0.0	-5.000	3.500	-5.000
4	3.500	-5.000	7.500	-5.000
5	-7.500	0.0	-3.500	0.0
6	3.500	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	3.500	0.0
8	3.500	0.0	7.500	0.0
9	-7.500	5.000	-3.500	5.000
10	-3.500	5.000	0.0	5.000
11	0.0	5.000	3.500	5.000

12	3.500	5.000	7.500	5.000
13	-7.500	-5.000	-7.500	0.0
14	-3.500	-5.000	-3.500	0.0
15	3.500	-5.000	3.500	0.0
16	7.500	-5.000	7.500	0.0
17	-7.500	0.0	-7.500	5.000
18	-3.500	0.0	-3.500	5.000
19	3.500	0.0	3.500	5.000
20	7.500	0.0	7.500	5.000
21	-7.500	-5.000	-7.500	-5.000
22	0.0	-5.000	0.0	-5.000
23	7.500	-5.000	7.500	-5.000
24	-7.500	0.0	-7.500	0.0
25	-3.500	0.0	-3.500	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0
27	3.500	0.0	3.500	0.0
28	7.500	0.0	7.500	0.0
29	-7.500	5.000	-7.500	5.000
30	0.0	5.000	0.0	5.000
31	7.500	5.000	7.500	5.000



.....

INCIDENCIAS E PROPIEDADES DOS ELEMENTOS

.....

.....

ANDAR NO 1

.....

.....

VIGAS

.....

ELEM	JJ	JK	MIX	MIY	TRJ	TRK	TIJ	TIK	COMP
1	1	2	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
2	2	3	0.0006660	0.0042900	0.0	1.000	0.0	0.0	3.500
3	3	4	0.0006660	0.0042900	1.000	0.0	0.0	0.0	3.500
4	4	5	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
5	6	7	0.0003500	0.0008000	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000

6	7	8	0.0003500	0.0008000	0.0	0.0	0.0	0.0	3.500
7	8	9	0.0003500	0.0008000	0.0	0.0	0.0	0.0	3.500
8	9	10	0.0003500	0.0008000	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
9	11	12	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
10	12	13	0.0006660	0.0042900	0.0	1.000	0.0	0.0	3.500
11	13	14	0.0006660	0.0042900	1.000	0.0	0.0	0.0	3.500
12	14	15	0.0006660	0.0042900	0.0	0.0	0.0	0.0	4.000
13	1	6	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
14	2	7	0.0004500	0.0009450	0.0	1.000	0.0	0.0	5.000
15	4	9	0.0004500	0.0009450	0.0	1.000	0.0	0.0	5.000
16	5	10	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
17	6	11	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000
18	7	12	0.0004500	0.0009450	1.000	0.0	0.0	0.0	5.000
19	9	14	0.0004500	0.0009450	1.000	0.0	0.0	0.0	5.000
20	10	15	0.0004500	0.0009450	0.0	0.0	0.0	0.0	5.000

PILARES

ELEM	JJ	JK	MIX	MIY	MIZ	AREA	ACX	ACY	ALFA
21	1	16	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
22	3	18	0.0013300	0.1330000	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
23	5	20	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
24	6	21	0.0166000	0.0001660	0.0022800	0.20000	0.16660	0.16660	0.0
25	7	22	0.1330000	0.0013300	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
26	8	23	0.1330000	0.0013300	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
27	9	24	0.1330000	0.0013300	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
28	10	25	0.0166000	0.0001660	0.0022800	0.20000	0.16660	0.16660	0.0
29	11	26	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0
30	13	28	0.0013300	0.1330000	0.0050000	0.40000	0.33330	0.33330	0.0
31	15	30	0.0057160	0.0004700	0.0015200	0.14000	0.11700	0.11700	0.0

### CARREGAMENTO NO 1

NUMERO DE NOS COM CARGA = 0  
NUMERO DE ANDARES COM CARGA = 30  
INDICE DE VIGAS COM CARGA = 0  
NUMERO DE PILARES COM RECALQUE = 0  
INDICE DE PESO DE PILAR = 0

#### CARGAS DE ANDAR

ANDAR	FORÇA X	FORÇA Y	MOMENTO Z
1	0.0	0.50	0.0
2	0.0	0.50	0.0
3	0.0	0.50	0.0
4	0.0	0.50	0.0
5	0.0	0.50	0.0
6	0.0	0.50	0.0
7	0.0	0.50	0.0
8	0.0	0.50	0.0
9	0.0	0.50	0.0

10	0.0	0.50	0.0
11	0.0	0.50	0.0
12	0.0	0.50	0.0
13	0.0	0.50	0.0
14	0.0	0.50	0.0
15	0.0	0.50	0.0
16	0.0	0.50	0.0
17	0.0	0.50	0.0
18	0.0	0.50	0.0
19	0.0	0.50	0.0
20	0.0	0.50	0.0
21	0.0	0.50	0.0
22	0.0	0.50	0.0
23	0.0	0.50	0.0
24	0.0	0.50	0.0
25	0.0	0.50	0.0

26	0.0	0.50	0.0
27	0.0	0.50	0.0
28	0.0	0.50	0.0
29	0.0	0.50	0.0
30	0.0	0.50	0.0

.....

ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS

.....

.....

ANDAR NO 1

.....

EM	MX1	MY2	FZ3	MX4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	-0.04	-0.14	0.06	0.04	-0.09	-0.06						
2	0.06	0.08	0.18	-0.06	-0.54	-0.18						
3	-0.06	0.54	-0.18	0.06	-0.09	0.18						

4	0.04	0.09	-0.06	-0.04	0.14	0.06						
5	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
6	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
7	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00						
8	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00						
9	-0.04	0.14	-0.06	0.04	0.09	0.06						
10	0.06	-0.09	-0.18	-0.06	0.54	0.18						
11	-0.06	-0.54	0.18	0.06	0.09	-0.18						
12	0.04	-0.09	0.06	-0.04	-0.14	-0.06						
13	0.01	0.23	-0.09	-0.01	0.24	0.09						
14	0.01	0.10	-0.12	-0.01	0.39	0.12						
15	-0.01	0.10	-0.12	0.01	0.39	0.12						
16	-0.01	0.23	-0.09	0.01	0.24	0.09						
17	0.01	0.24	-0.09	-0.01	0.23	0.09						
18	0.01	0.39	-0.12	-0.01	0.10	0.12						
19	-0.01	0.39	-0.12	0.01	0.10	0.12						
20	-0.01	0.24	-0.09	0.01	0.23	0.09						
21	0.27	0.14	0.04	0.11	-0.12	-0.04	-0.09	0.13	0.00	0.09	-0.13	-0.00
22	0.12	-0.00	0.36	0.07	0.00	-0.36	0.00	0.06	0.00	-0.00	-0.06	-0.00

23	0.27	-0.14	0.04	0.11	-0.12	-0.04	0.09	0.13	0.00	-0.09	-0.13	-0.00
24	0.47	-0.00	-0.00	0.10	-0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	-0.00	-0.19	-0.00
25	1.02	-0.00	-0.00	-1.02	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
26	0.0	-0.00	-0.00	-1.60	-0.00	0.00	0.00	-0.53	0.00	-0.00	0.53	-0.00
27	1.02	0.00	-0.00	-1.03	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
28	0.48	0.00	-0.00	0.10	0.00	0.00	-0.00	0.19	0.00	0.00	-0.19	-0.00
29	0.27	-0.14	-0.03	0.11	-0.12	0.03	0.09	0.13	0.00	-0.09	-0.13	-0.00
30	0.12	0.00	-0.36	0.07	-0.00	0.36	-0.00	0.06	0.00	0.00	-0.06	-0.00
31	0.27	0.14	-0.03	0.11	0.12	0.03	-0.09	0.13	0.00	0.09	-0.13	-0.00



ANDAR NO 30

FM	MX1	MY2	FZ3	MX4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	-0.09	0.02	-0.05	0.09	0.18	0.05						
2	0.15	-0.19	0.23	-0.15	-0.39	-0.23						
3	-0.15	0.40	-0.23	0.15	0.18	0.23						
4	0.09	-0.18	0.05	-0.09	-0.02	-0.05						
5	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
6	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
7	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
8	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
9	-0.09	-0.02	0.05	0.09	-0.18	-0.05						
10	0.15	0.18	-0.23	-0.15	0.39	0.23						
11	-0.15	-0.40	0.23	0.15	-0.18	-0.23						
12	0.09	0.18	-0.05	-0.09	0.02	0.05						
13	-0.00	0.94	-0.38	0.00	0.95	0.38						
14	0.00	0.24	-0.28	-0.00	0.88	0.28						

15	-0.00	0.24	-0.28	0.00	0.89	0.29						
16	0.00	0.94	-0.38	-0.00	0.95	0.38						
17	-0.00	0.95	-0.38	0.00	0.94	0.38						
18	0.00	0.88	-0.28	-0.00	0.24	0.28						
19	-0.00	0.89	-0.28	0.00	0.24	0.28						
20	0.00	0.95	-0.38	-0.00	0.94	0.38						
21	-0.65	-0.01	14.76	1.94	-0.00	-14.76	0.00	0.32	0.00	-0.00	-0.32	-0.00
22	-0.13	0.03	24.17	0.47	-0.07	-24.17	0.01	0.08	0.00	-0.01	-0.08	-0.00
23	-0.65	0.01	14.75	1.95	0.00	-14.75	-0.00	0.33	0.00	0.00	-0.33	-0.00
24	-2.27	-0.00	-0.00	5.39	-0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	-0.00	-0.78	-0.00
25	-23.48	-0.00	-0.00	38.98	-0.00	0.00	0.00	3.87	0.00	-0.00	-3.87	-0.00
26	-24.50	-0.00	-0.00	38.75	-0.00	0.00	0.00	3.56	0.00	-0.00	-3.56	-0.00
27	-23.52	-0.00	-0.00	39.07	-0.00	0.00	0.00	3.89	0.00	-0.00	-3.89	-0.00
28	-2.27	-0.00	-0.00	5.42	-0.00	0.00	0.00	0.79	0.00	-0.00	-0.79	-0.00
29	-0.65	0.01	-14.76	1.94	0.00	14.76	-0.00	0.32	0.00	0.00	-0.32	-0.00
30	-0.13	-0.02	-24.18	0.47	0.06	24.18	-0.01	0.08	0.00	0.01	-0.08	-0.00
31	-0.65	-0.01	-14.77	1.95	-0.00	14.77	0.00	0.33	0.00	-0.00	-0.33	-0.00

CARREGAMENTO NO 2

NUMERO DE NOS COM CARGA = 0

NUMERO DE ANDARES COM CARGA = 0

INDICE DE VIGAS COM CARGA = 1

NUMERO DE PILARES COM RECALQUE = 0

INDICE DE PESO DE PILAR = 0

NUMERO DE VIGAS COM CARGA EM CADA ANDAR

ANDAR	NVC	ANDAR	NVC
1	20	2	0
3	0	4	0
5	0	6	0
7	0	8	0
9	0	10	0
11	0	12	0
13	0	14	0
15	0	16	0
17	0	18	0
19	0	20	0
21	0	22	0
23	0	24	0
25	0	26	0
27	0	28	0
29	0	30	0

ANDAR NO 1

NUMERO DE LEITURAS DIRETAS DOS MEP= 0  
 NUMERO DE CALCULOS DOS MEP POR CACUN= 0  
 NUMERO DE CALCULOS DOS MEP POR VARLI 20

CARGAS DISTRIBUIDAS NAS VIGAS

VIGA	PZ1	PZ2	DA1	DB1	PZ1	PZ2	DA1	DB1	PZ1	PZ2	DA1	DB1
1	-1.00	-1.00	0.0	4.00								
2	-1.00	-1.00	0.0	2.50								
3	-1.00	-1.00	1.00	3.50								
4	-1.00	-1.00	0.0	4.00								
5	-1.00	-1.00	0.0	4.00								
6	-1.00	-1.00	0.0	3.50								
7	-1.00	-1.00	0.0	3.50								
8	-1.00	-1.00	0.0	4.00								
9	-1.00	-1.00	0.0	4.00								
10	-1.00	-1.00	0.0	2.50								
11	-1.00	-1.00	1.00	3.50								
12	-1.00	-1.00	0.0	4.00								

13	-1.00	-1.00	0.0	5.00
14	-1.00	-1.00	0.0	4.00
15	-1.00	-1.00	0.0	4.00
16	-1.00	-1.00	0.0	5.00
17	-1.00	-1.00	0.0	5.00
18	-1.00	-1.00	1.00	5.00
19	-1.00	-1.00	1.00	5.00
20	-1.00	-1.00	0.0	5.00

---

.....

ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS

.....

.....

ANDAR NO 1

.....

EM	MX1	MY2	FZ3	MX4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	0.01	-0.71	2.84	-0.01	-2.65	1.16						
2	-0.04	2.67	-2.56	0.04	6.86	5.06						

3	0.04	-6.86	5.06	-0.04	-2.67	-2.56
4	-0.01	2.65	1.16	0.01	0.71	2.84
5	-0.00	-0.25	1.62	0.00	1.75	2.38
6	0.00	-1.09	1.74	-0.00	1.13	1.76
7	-0.00	-1.13	1.76	0.00	1.09	1.74
8	0.00	-1.75	2.38	-0.00	0.25	1.62
9	-0.01	-0.71	2.84	0.01	-2.65	1.16
10	0.04	2.67	-2.56	-0.04	6.86	5.06
11	-0.04	-6.86	5.06	0.04	-2.67	-2.56
12	0.01	2.65	1.16	-0.01	0.71	2.84
13	-0.00	-1.83	2.42	0.00	2.23	2.58
14	-0.02	-0.04	1.40	0.02	2.44	2.60
15	0.02	-0.04	1.40	-0.02	2.44	2.60
16	0.00	-1.83	2.42	-0.00	2.23	2.58
17	0.00	-2.23	2.58	-0.00	1.83	2.42
18	0.02	-2.44	2.60	-0.02	0.04	1.40

19	-0.02	-2.44	2.60	0.02	0.04	1.40						
20	-0.00	-2.23	2.59	0.00	1.83	2.42						
21	-1.83	0.71	-5.26	-0.44	0.26	5.26	-0.32	-0.76	0.00	0.32	0.76	-0.00
22	-0.07	-0.00	-10.12	-0.01	0.00	10.12	0.00	-0.03	0.00	-0.00	0.03	-0.00
23	-1.83	-0.71	-5.26	-0.44	-0.26	5.26	0.32	-0.76	0.00	-0.32	0.76	-0.00
24	-0.00	0.25	-6.78	-0.00	0.08	6.78	-0.11	-0.00	0.00	0.11	0.00	-0.00
25	0.00	-0.71	-9.32	0.00	-0.35	9.32	0.35	0.00	0.00	-0.35	-0.00	-0.00
26	0.00	-0.00	-3.52	0.00	-0.00	3.52	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
27	0.00	0.71	-9.32	0.00	0.35	9.32	-0.35	0.00	0.00	0.35	-0.00	-0.00
28	-0.00	-0.25	-6.78	-0.00	-0.08	6.78	0.11	-0.00	0.00	-0.11	0.00	-0.00
29	1.83	0.71	-5.26	0.44	0.26	5.26	-0.32	0.76	0.00	0.32	-0.76	-0.00
30	0.07	0.00	-10.12	0.01	0.00	10.12	-0.00	0.03	0.00	0.00	-0.03	-0.00
31	1.83	-0.71	-5.26	0.44	-0.26	5.26	0.32	0.76	0.00	-0.32	-0.76	-0.00



ANDAR NO 30

EM	MX1	MY2	FZ3	MY4	MY5	FZ6	FX7	FY8	MZ9	FX10	FY11	MZ12
1	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
2	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00						
3	-0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00						
4	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
5	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
6	0.00	0.01	-0.00	-0.00	0.01	0.00						
7	0.00	-0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00						
8	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
9	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
10	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00						
11	0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.00						

12	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00						
13	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
14	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
15	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00						
16	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00						
17	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00						
18	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
19	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00						
20	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00						
21	0.00	-0.00	-4.37	0.00	-0.00	4.37	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
22	0.00	0.00	-10.84	0.00	-0.00	10.84	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
23	0.00	0.00	-4.37	0.00	0.00	4.37	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
24	-0.00	-0.00	-6.16	0.00	-0.00	6.16	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
25	-0.00	-0.00	-9.23	0.00	-0.00	9.23	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
26	-0.00	-0.00	-6.97	0.00	-0.00	6.97	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
27	-0.00	0.00	-9.23	0.00	0.00	9.23	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
28	-0.00	0.00	-6.16	0.00	0.00	6.16	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
29	-0.00	-0.00	-4.37	-0.00	-0.00	4.37	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
30	-0.00	0.00	-10.85	-0.00	-0.00	10.85	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
31	-0.00	0.00	-4.38	-0.00	0.00	4.38	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

REAÇÕES DE APOIO

APOIO	RMX	RMY	RFZ	RFX	RFY	RMZ
451	0.000	-0.001	4.368	-0.000	-0.000	-0.000
453	0.000	-0.001	10.836	-0.000	-0.000	-0.000
455	0.000	0.001	4.370	0.000	-0.000	-0.000
456	0.000	-0.000	6.162	-0.000	-0.000	-0.000
457	0.001	-0.002	9.232	-0.001	-0.000	-0.000
458	0.001	-0.000	6.968	-0.000	-0.000	-0.000
459	0.001	0.002	9.234	0.001	-0.000	-0.000
460	0.000	0.000	6.164	0.000	-0.000	-0.000
461	-0.000	-0.001	4.373	-0.000	0.000	-0.000
463	-0.000	-0.001	10.845	-0.000	0.000	-0.000
465	-0.000	0.001	4.376	0.000	0.000	-0.000

### 3. Considere-se a estrutura da figura D.5

Esta estrutura foi analisada, em precisão simples, para um caso de carregamento, considerando-se de cada vez um certo número de andares.

O carregamento aplicado é de  $1\text{t/m}$  uniformemente distribuido em todas as vigas do andar número um.

Os tempos de execução e o erro percentual obtido comparando-se o carregamento aplicado, com as reações calculadas, são apresentados no quadro D.6:

QUADRO D.6

Nº de andares	Nº de elementos	Nº de equações	Largura de faixa	Tempo de execução (minutos)	E R R O
1	31	48	96	1,30	0
5	155	240	96	13,00	0.001%
10	310	480	96	25,40	0.01%
15	465	720	96	39,10	0.03%
20	620	960	96	53,20	0.05%
30	930	1440	96	83,35	0.11%

## E. - CONCLUSÕES

Com a finalidade de se conseguir analisar grandes estruturas, a programação automática foi estruturada visando a máxima economia em termos de memória central.

O elevado número de transferências para a memória auxiliar, aumenta consideravelmente o tempo de execução.

Entretanto mesmo em computadores maiores, grande parte destas transferências ainda se fazem necessárias, pois a matriz de rigidez global não pode ser tratada de uma só vez na memória central.

Pode-se todavia tratar blocos de maior número de equações (em computadores de maior porte), diminuindo-se o número de partições, trazendo vantagens em termos de tempo de execução.

A forma como a entrada de dados foi estruturada e a apresentação do programa para conferir os mesmos, permitiu grande economia em termos de número de cartões e tempo de processamento.

Pela observação do quadro D.6, concluiu-se que mesmo para um elevado número de incógnitas o erro de truncamento é pequeno.

Algumas extensões, podem ser introduzidas, como o tratamento de elementos de inércia variável, elementos de eixo

curvo, articulações.

Pode-se também tratar os pilares parede e as caixas resistentes de modo mais rigoroso, pela técnica dos elementos finitos.

BIBLIOGRAFIA

1. WEAVER, W. and NELSON, M.F. - "Three Dimensional Analysis of Tier Buildings", Journal of the Structural Division, Asce, vol. 92, No-St-6, Proc. Paper 5019, December, 1966, pp.385-404.
2. SORIANO, H.L. - "Formulação dos Métodos de GAUSS e de CHOLESKY para Análise Matricial de Estruturas". Publicação Técnica nº 11.72, COPPE/UFRJ, Julho, 1972.
3. BORGES, FERRY, J; e RAVARA, A. - "Estudo do Comportamento de Estruturas de Edifícios sob ação de Forças Horizontais", 2as. Jornadas Luso-Brasileiras de Eng. Civil, Rio de Janeiro - São Paulo, Agosto, 1967, pp. 1-30.
4. STAMATO, M.C. - "Torção de Estruturas de Edifícios Elevados", Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil, 1971.
5. SORIANO, H. L. - "Cálculo Automático do Efeito de Vento em Estruturas de Edifícios", Tese, (M.Sc.), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Publicação nº 5.71. Agosto 1971.
6. PRZEMIENIECKI, J.S. - "Theory of Matrix Structural Analysis", McGraw-Hill Book Company, U.S.A., 1968.
7. SANTOS, SYDNEY, M.G. - "Ação do Vento em Edifícios, Considerando a resistência à Torção das Colunas", Centro Técnico Científico, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil.

8. STAMATO, M.C. and STAFFORD SMITH, B. - "An approximate Method for the Three Dimensional Analysis of Tall Buildings", Proceedings of I.C.E., vol. 43, July, 1969, pp.361-379.
9. GERE; J.M. and WEAVER, W,Jr. - "Analysis of Framed Structures", D. Van Nostrand Company, INC, Princeton, N.J.,1965.
10. STAMATO, M.C. - "Estado Atual da Análise de Estruturas Tridimensionais de Edifícios Altos", Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil, 1971.
11. HEHL, M. E. - "Sistema de Programação Fortran IV G-H", McGraw-Hill do Brasil, 1972.
12. PACITTI, TÉRCIO - "Fortran-Monitor, Princípios", Ao Livro Técnico S. A., Rio de Janeiro, 1968.